

520.43429X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): M. YOSHIDA, et al  
Serial No.:  
Filed: January 29 2004  
Title: PATTERN DEFECT INSPECTION METHOD AND ITS  
APPARATUS  
Group:

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

January 29 2004


Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s) 2003-020896 filed January 29, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



---

Melvin Kraus  
Registration No. 22,466

MK/nac  
Attachment  
(703) 312-6600

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 1月29日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-020896  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2003-020896]

出願人 株式会社日立ハイテクノロジーズ  
Applicant(s):

2003年12月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3104755

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT03P0051

【提出日】 平成15年 1月29日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 吉田 実

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 前田 俊二

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 西山 英利

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立  
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 渡辺 正浩

【特許出願人】

【識別番号】 501387839

【氏名又は名称】 株式会社日立ハイテクノロジーズ

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

**【選任した代理人】****【識別番号】** 100086656**【弁理士】****【氏名又は名称】** 田中 恭助**【電話番号】** 03-3661-0071**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 081423**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 パターン欠陥検査方法およびその装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

検査レシピ及び／又はレビューレシピを設定するレシピ設定手段と、

紫外レーザー光を出射するレーザー光源と該レーザー光源から出射した紫外レーザー光の光量を前記レシピ設定手段で設定された検査レシピ及び／又はレビューレシピに応じて調整する光量調整手段と該光量調整手段で光量が調整された紫外レーザー光の試料への照明範囲を形成する照明範囲形成手段と該照明範囲形成手段で形成された照明範囲の紫外レーザー光の可干渉性を低減する可干渉性低減手段と該可干渉性低減により可干渉性が低減された紫外光束を試料上に照射する照射光学系とを備えた照明光学系と、

試料からの反射光を集光する集光光学系と該集光光学系で集光された反射光の回折光を制御する回折光制御光学系と該回折光制御光学系を通して得られる試料からの反射光像を撮像して画像信号を検出する検出器とを備えた検出光学系とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項2】

検査レシピ及び／又はレビューレシピを設定するレシピ設定手段と、

該レシピ設定手段によって設定された検査レシピ及び／又はレビューレシピに応じて紫外レーザー光の光量を算出する光量算出手段と、

紫外レーザー光を出射するレーザー光源と該レーザー光源から出射した紫外レーザー光の光量を前記光量算出手段で算出された光量に調整する光量調整手段と該光量調整手段で光量が調整された紫外レーザー光の試料への照明範囲を形成する照明範囲形成手段と該照明範囲形成手段で形成された照明範囲の紫外レーザー光の可干渉性を低減する可干渉性低減手段と該可干渉性低減により可干渉性が低減された紫外光束を試料上に照射する照射光学系とを備えた照明光学系と、

試料からの反射光を集光する集光光学系と該集光光学系で集光された反射光の回折光を制御する回折光制御光学系と該回折光制御光学系を通して得られる試料からの反射光像を撮像して画像信号を検出する検出器とを備えた検出光学系とを

備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 3】

さらに、前記検出光学系の検出器で検出された検出画像信号に基づいて試料に形成されたパターンの欠陥を検出する画像処理部を備えたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 4】

前記レシピ設定手段は、レシピ設定画面を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 5】

前記光量調整手段は、前記レーザ光源から出射した紫外レーザ光を ON/OFF に近い状態に制御可能な光学要素を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 6】

前記光量調整手段は、前記レーザ光源から出射した紫外レーザ光を ON/OFF に近い状態に制御可能な光学要素を有し、OFF に近い時間を任意に制御可能に構成したことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 7】

前記光量調整手段は、透過光量を可変するフィルタを有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 8】

前記フィルタは、入射面で反射する反射光を前記レーザ光源に戻さないように構成したことを特徴とする請求項 7 記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 9】

前記検出光学系の前記検出器において、検査する際と観察する際とで、前記回折光制御光学系を通して得られる試料からの反射光像を切替光学系で切り替えて撮像して検査用の画像信号を検出する第 1 の検出器と観察用の画像信号を検出する第 2 の検出器とで構成することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項 10】

前記第1の検出器は、蓄積型のイメージセンサで構成することを特徴とする請求項1又は2記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項11】

前記画像処理部は、デジタル参照画像信号を記憶する記憶部と、前記第1の検出器から検出されてデジタル信号に変換されたデジタル検出画像信号の正常部における明るさと前記記憶部に記憶されたデジタル参照画像信号の正常部の明るさとをほぼ同じように少なくとも一方のデジタル画像信号の明るさを補正する明るさ補正部と、該明るさ補正部で補正されたデジタル検出画像信号とデジタル参照画像信号とを比較することにより試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出部とを有することを特徴とする請求項3記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項12】

前記画像処理部は、デジタル参照画像信号を記憶する記憶部と、前記第1の検出器から検出されてデジタル信号に変換されたデジタル検出画像信号の正常部における特徴量と前記記憶部に記憶されたデジタル参照画像信号の正常部における特徴量との対応関係を示す散布図を作成する散布図作成部と、該散布図作成部で作成された散布図に基いて少なくとも一方のデジタル画像信号の局所の階調値を補正する局所階調変換部と該局所階調変換部で補正されたデジタル検出画像信号とデジタル参照画像信号とを比較することにより試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出部とを有することを特徴とする請求項3記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項13】

前記回折光制御光学系は、偏光素子群で構成したことを特徴とする請求項1又は2記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項14】

レーザ光を出射するレーザ光源と、該レーザ光源から出射したレーザ光の可干渉性を低減して試料上に照射する照明光学系と、該照明光学系により照射された試料の画像を検出する検出光学系と、該検出光学系で検出された試料の画像を処理する画像処理部とを備え、直径300mm相当のウェハを1時間あたり3枚以上のスループットに相当する速度で処理して、前記試料に形成されたパターンに

対し 100 nm の欠陥を含んで検出することを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項 15】

検査時及び／又はレビュー時において、

検査レシピ及び／又はレビューレシピを設定するレシピ設定ステップと、

レーザ光源から出射した紫外レーザ光の光量をレシピ設定ステップで設定された検査レシピ及び／又はレビューレシピに応じて光量調整手段で調整し、該調整された紫外レーザ光の試料への照明範囲を照明範囲形成手段で形成し、該形成された照明範囲の紫外レーザ光の可干渉性を可干渉性低減手段で低減し、該可干渉性が低減された紫外光束を照射光学系で試料上に照射する照明ステップと、

試料からの反射光を集光光学系で集光し、該集光された反射光の回折光を回折光制御光学系で制御し、該制御して得られる試料からの反射光像を検出器で撮像して画像信号を検出する検出ステップとを有することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 16】

検査時及び／又はレビュー時において、

検査レシピ及び／又はレビューレシピを設定するレシピ設定ステップと、

該レシピ設定ステップで設定された検査レシピ及び／又はレビューレシピに応じて紫外レーザ光の光量を算出する光量算出ステップと、

レーザ光源から出射した紫外レーザ光の光量を光量算出ステップで算出された光量になるように光量調整手段で調整し、該調整された紫外レーザ光の試料への照明範囲を照明範囲形成手段で形成し、該形成された照明範囲の紫外レーザ光の可干渉性を可干渉性低減手段で低減し、該可干渉性が低減された紫外光束を照射光学系で試料上に照射する照明ステップと、

試料からの反射光を集光光学系で集光し、該集光された反射光の回折光を回折光制御光学系で制御し、該制御して得られる試料からの反射光像を検出器で撮像して画像信号を検出する検出ステップとを有することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 17】



さらに、画像処理部において前記検出器で検出された検出画像信号に基づいて試料に形成されたパターンの欠陥を検出する画像処理ステップを有することを特徴とすると請求項 15 又は 16 記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項 18】

レシピ設定ステップにおいて、検査レシピ及び／又はレビューレシピの設定をレシピ設定画面上で行うことを特徴とする請求項 15 又は 16 記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項 19】

前記光量の調整を、ON/OFF に近い状態に制御可能な光学要素を用いて行うことを特徴とする請求項 15 又は 16 記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項 20】

レーザ光源から出射した紫外レーザ光の光量を試料の状態に応じて光量調整手段で調整し、該調整された紫外レーザ光の試料への照明範囲を照明範囲形成手段で形成し、該形成された照明範囲の紫外レーザ光の可干渉性を可干渉性低減手段で低減し、該可干渉性が低減された紫外光束を照射光学系で試料上に照射する照明ステップと、

試料からの反射光を集光光学系で集光し、該集光された反射光の回折光を回折光制御光学系で制御し、該制御して得られる試料からの反射光像を検出器で撮像して画像信号を検出する検出ステップとを有することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項 21】

可干渉性を低減した紫外レーザ光を直径 300 mm 相当のウエハ上に照射し、該照射されたウエハを撮像してウエハの画像を検出し、該検出したウエハの画像を処理してウエハに形成されたパターンの 100 nm 以下の欠陥を 1 時間あたり 3 枚以上ウエハのスループットで検出することを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は被検査パターンの欠陥（ショートや断線など）や異物を検出するパターン検査、異物検査に係り、特に半導体ウェーハや液晶ディスプレイ、ホトマスクなどの被検査パターンにおける欠陥・異物を検査する被検査パターンの欠陥検査方法及びその装置に関する。以下、欠陥は異物を含むものとする。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

被検査パターンの欠陥検査に関する従来技術としては、特開平8-320294号公報（従来技術1）が知られている。この従来技術2には、メモリマツト部などのパターン密度が高い領域と周辺回路などのパターン密度が低い領域とがチップ内に混在する半導体ウェーハなどの被検査パターンにおいて、検出した画像上での明るさの頻度分布より被検査パターンの高密度領域と低密度領域との間での明るさ或いはコントラストが定めた関係となるべく、前記検出された画像信号をA/D変換して得られるデジタル画像信号に対して階調変換し、この階調変換された画像信号と比較する階調変換された画像信号とを位置合わせした状態で比較を行って、微細欠陥を高精度に検査する技術が記載されている。

#### 【0003】

また、フォトマスクのパターンを検査する従来技術としては、特開平10-78668号公報（従来技術2）において知られている。この従来技術3には、光源にエキシマレーザのようなUVレーザ光を用い、光路上に挿入した拡散板を回転させて可干渉性を低減させたUV光をマスクに均一に照明し、得られるマスクの画像データから特徴量を計算して、フォトマスクの良否を判定することが記載されている。

#### 【0004】

また、UV又はDUVレーザ光を用いたパターン欠陥検査装置の従来技術としては、さらに、特開2001-176942号公報、特開2001-194323号公報及び特開2001-296570号公報が知られている。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開平8-320294号公報

## 【特許文献 2】

特開平 1 0 - 7 8 6 6 8 号公報

## 【特許文献 3】

特開 2 0 0 1 - 1 7 6 9 4 2 号公報

## 【特許文献 4】

特開 2 0 0 1 - 1 9 4 3 2 3 号公報

## 【特許文献 5】

特開 2 0 0 1 - 2 9 6 5 7 0 号公報

## 【0 0 0 6】

## 【発明が解決しようとする課題】

近年の L S I 製造においては、ウェーハ上に形成された回路パターンは、高集積化のニーズに対応し微細化してそのパターン幅が 2 0 0 n m からそれ以下になってきており、結像光学系の解像限界に達している。このため結像光学系の高 N A 化や光超解像技術の適用が進められている。

## 【0 0 0 7】

しかしながら、高 N A 化は、物理的に限界に達している。従って、検出に用いる波長を紫外光（U V 光）や遠紫外光（D U V 光）の領域へ短波長化していくのが本質的なアプローチである。

## 【0 0 0 8】

ところが、パターンを転写する露光装置の光源の波長が短波長化しているため、レジストの感度もそれに対応するため、露光波長に感度が最も高い。そのため、検査波長が露光波長にきわめて近づくと、検査時にレジストが反応して、パターンの収縮、膨張が生じるなどにダメージが発生する可能性がある。一般に、S E M などの二次電子を用いた観察では、ウェーハに与えるエネルギー密度が高いため、シュリンクと呼ばれる寸法が変化することが知られている。そのことから、S E M と比較してエネルギー密度は低い、照射する波長がレジストの感光波長に近いあるいは同じとなるため、影響があると考えられる。

## 【0 0 0 9】

また、システム L S I のような、線幅の狭いメモリの部分や、ラフな配線部な

どが混在しているようなチップでは、検査光を照射することによって、その一部分に熱がたまり、バイメタル効果によってストレスマイグレーションと呼ばれる、パターンのはがれが生じることも懸念される。

#### 【0010】

さらに、最近では設計ルールが100nm以下になると低誘電率（low-k）の材料を使用することが必要となってきた。この低誘電率の低い材料は、膜がより柔らかくなるため機械的強度が低くなり、成膜時における密着性が低くなってしまふ。そのため、上述したようにパターンのはがれが生じやすくなることになる。この低誘電率の材料としては、Cuの配線にCu/SiO<sub>2</sub>やCu/SiOFなどが多く使用され、通常SiOCやSiONを使用してバリア層を形成する。さらに微細化するとより薄く、比伝導率が低い超低誘電率材料となり、新材料も開発され今後もより薄い材料を使用することになる。いずれにしても膜が柔らかいのは共通の特性である。その膜にもはがれのほかに、熱により拡散、不純物の紫外光による化学変化などが影響してデバイスに悪影響をもたらす可能性が考えられる。

#### 【0011】

また、サーマルバジェットと呼ばれる、デバイスにかけられる熱容量の限界値がある。これは、熱によるストレスを考慮してデバイス構造が変化しない時間と呼ぶ。たとえば、アニール時間や熱拡散などの行程がそれである。検査によって熱が加えられるとその限界値が越えることにより、デバイスの製造工程に影響を及ぼすことも考えられる。

#### 【0012】

また、検査においても、高速に検査を行う必要があるため、細く絞ったレーザービームを試料上で走査する方法は用いることはできない。逆にレーザービームを視野一杯に広げて照明を行うと、スペックルが発生し、また回路パターンのエッジ部分にリングングと呼ばれるオーバーシュート、アンダーシュートが発生するため、良質の画像を得ることができない。

#### 【0013】

本発明の目的は、上記課題を解決すべく、紫外光又は紫外レーザー光を用いて検

査対象となるデバイスにダメージを与えることなく、微細な回路パターンを高い分解能で高速に検出し、欠陥を検出するパターン欠陥検査方法及びその装置を提供することにある。

#### 【0014】

また、本発明の他の目的は、上記パターン欠陥検査方法及びその装置を用いて、超微細な半導体デバイスを製造することができるようにした半導体デバイスの製造方法を提供することにある。

#### 【0015】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、検査レシピ及び／又はレビューレシピを設定するレシピ設定手段と、紫外レーザ光を出射するレーザ光源と該レーザ光源から出射した紫外レーザ光の光量を前記レシピ設定手段で設定された検査レシピ及び／又はレビューレシピに応じて調整する光量調整手段と該光量調整手段で光量が調整された紫外レーザ光の試料への照明範囲を形成する照明範囲形成手段と該照明範囲形成手段で形成された照明範囲の紫外レーザ光の可干渉性を低減する可干渉性低減手段と該可干渉性低減により可干渉性が低減された紫外光束を試料上に照射する照射光学系とを備えた照明光学系と、試料からの反射光を集光する集光光学系と該集光光学系で集光された反射光の回折光を制御する回折光制御光学系と該回折光制御光学系を通して得られる試料からの反射光像を撮像して画像信号を検出する検出器とを備えた検出光学系とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置（パターン欠陥観察装置も含む）及びその方法である。

#### 【0016】

また、本発明は、検査レシピ及び／又はレビューレシピを設定するレシピ設定手段と、該レシピ設定手段によって設定された検査レシピ及び／又はレビューレシピに応じて紫外レーザ光の光量を算出する光量算出手段と、紫外レーザ光を出射するレーザ光源と該レーザ光源から出射した紫外レーザ光の光量を前記光量算出手段で算出された光量に調整する光量調整手段と該光量調整手段で光量が調整された紫外レーザ光の試料への照明範囲を形成する照明範囲形成手段と該照明範囲形成手段で形成された照明範囲の紫外レーザ光の可干渉性を低減する可干渉性

低減手段と該可干渉性低減により可干渉性が低減された紫外光束を試料上に照射する照射光学系とを備えた照明光学系と、試料からの反射光を集光する集光光学系と該集光光学系で集光された反射光の回折光を制御する回折光制御光学系と該回折光制御光学系を通して得られる試料からの反射光像を撮像して画像信号を検出する検出器とを備えた検出光学系とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置（パターン欠陥観察装置も含む）及びその方法である。

#### 【0017】

また、本発明は、前記パターン欠陥検査装置において、さらに、前記検出光学系の検出器で検出された検出画像信号に基づいて試料に形成されたパターンの欠陥を検出する画像処理部を備えたことを特徴とする。

#### 【0018】

また、本発明は、前記パターン欠陥検査装置において、前記レシピ設定手段は、レシピ設定画面を有することを特徴とする。また、本発明は、前記パターン欠陥検査装置において、前記光量調整手段は、前記レーザ光源から出射した紫外レーザ光を ON/OFF に近い状態に制御可能な光学要素を有することを特徴とする。

#### 【0019】

また、本発明は、前記パターン欠陥検査装置において、前記光量調整手段は、前記レーザ光源から出射した紫外レーザ光を ON/OFF に近い状態に制御可能な光学要素を有し、OFF に近い時間を任意に制御可能に構成したことを特徴とする。また、本発明は、前記パターン欠陥検査装置において、前記光量調整手段は、透過光量を可変するフィルタを有することを特徴とする。

#### 【0020】

また、本発明は、光源に紫外光源または紫外レーザ光源を用い、光路中に紫外光または紫外レーザ光のスペックルの発生を抑制する手段を設け、スペックルによる可干渉性を低減させた紫外光を対象物表面に照射して、対象物の像を検出するようにした。ここで、紫外光は、遠紫外光も含むものとする。この紫外光のスペックルの発生を抑制する手段として、本発明では拡散板を配置し、光軸とほぼ垂直な向きに、光束と相対的な運動をさせる手段を設けるようにした。また、パ

ターンコントラストを向上させるため、レーザの偏光状態が自在に制御できることに着目し、照明光の偏光の向き、楕円率を制御し、検出光の一部偏光成分を検出することを可能とした。

#### 【0021】

即ち、本発明では、上記目的を達成するために、パターン欠陥検査装置を、紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光等を出射する光源と、光源から出射した紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光を遮断する光路遮断手段と、この光源から出射した紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光の光軸を計測する手段と、この光源から出射した紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光の光量を調整する光量調整手段と、この光量調整手段から出射した紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光の照明範囲を形成する照明範囲形成手段と、この照明範囲形成手段から出射した紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光を可干渉性を低減して試料上に照射する照射手段と、この照射手段によりレーザを照射された試料を撮像して画像信号を検出する画像検出手段と、この画像検出手段で検出した試料の画像信号に関する情報に基づいて試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えて構成した。

#### 【0022】

また、本発明は、紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光を出射する光源と、この光源から出射した紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光の光量を調整する光量調整手段と、この光量調整手段から出射した紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光の照明範囲を形成する照明範囲形成手段と、この照明範囲形成手段から出射した紫外光、レーザ光若しくは紫外レーザ光の可干渉性を低減して対物レンズを介して試料上に照射する照射手段と、該照射手段により可干渉性が低減されて照射された試料を前記対物レンズを介して撮像して画像信号を検出する画像検出手段と、該画像検出手段で検出された検出画像信号に関する情報に基づいて試料に形成されたパターンの欠陥を検出する欠陥検出手段とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置である。

#### 【0023】

また、本発明では、上記パターン欠陥検査装置において、レーザ光若しくは紫

外レーザ光の偏光の状態を制御させる偏光手段を備えたことを特徴とする。

#### 【0024】

また、本発明では、上記パターン欠陥検査装置において、画像検出手段で検出した試料の画像信号を処理する画像処理手段を有し、直径300mm相当のウエハを1時間あたり3枚以上のスループットに相当する速度で処理して、試料に形成されたパターンに対し100nm程度以下の欠陥を含んで検出する構成とした。

#### 【0025】

また、本発明は、レーザ光源から出射した紫外レーザ光の光量を試料の状態に応じて光量調整手段で調整し、該調整された紫外レーザ光の試料への照明範囲を照明範囲形成手段で形成し、該形成された照明範囲の紫外レーザ光の可干渉性を可干渉性低減手段で低減し、該可干渉性が低減された紫外光束を照射光学系で試料上に照射する照明ステップと、試料からの反射光を集光光学系で集光し、該集光された反射光の回折光を回折光制御光学系で制御し、該制御して得られる試料からの反射光像を検出器で撮像して画像信号を検出する検出ステップとを有することを特徴とするパターン欠陥検査方法である。

#### 【0026】

また、本発明では、パターン欠陥検査方法において、可干渉性を低減した紫外レーザ光を直径300mm相当のウエハ上に照射し、この紫外レーザ光を照射されたウエハを撮像してウエハの画像を検出し、この検出した紫外レーザ光を照射されたウエハの画像を処理してウエハに形成されたパターンの100nm程度以下の欠陥を1時間あたり3枚以上ウエハのスループットで検出するようにした。

#### 【0027】

##### 【発明の実施の形態】

本発明に係わる被検査パターンの欠陥検査方法及びその装置の実施例を、図面を用いて説明する。図1は、本発明に係わる装置の一実施例を示す図である。ステージ2は、X、Y、Z、 $\theta$ （回転）ステージから構成され、被検査パターンの一例である半導体ウエハ（試料）1を載置するものである。

#### 【0028】



照明光学系は、照明光源 3、光量調整手段の一つである ON/OFF に近い状態に切替えることのできるシャッタ 4、光軸ずれを調整するミラー 6、7、光量調整手段の一つである ND フィルタ 11、ビームエキスパンダ 13、多点 2 次光源を形成する照明範囲形成光学系 14、NA ( $\sigma$ ) を調整する開口絞り 15、可干渉性低減光学系 17 および分割プリズム 18 や対物レンズ 20 等から構成される照射光学系で構成される。

#### 【0029】

照明光源 3 は、試料 1 には、70 nm 程度以下のデザインルールのパターンが形成されている関係で、例えば波長 266 nm や波長 355 nm の紫外あるいは遠紫外レーザ光源で構成する。紫外レーザ光源としては、固体の YAG レーザを非線形光学結晶等で波長変換して基本波の第 3 高調波 (355 nm) や、第 4 高調波 (266 nm) を発生する装置で構成される。また、波長 193 nm、波長 195 nm あるいは波長 248 nm などのレーザ光源を使用してもかまわない。さらに、レーザ光源として存在するならば 100 nm 以下の波長でも良く、解像度が益々向上することになる。また、レーザの発振形態は、連続発振でも、パルス発振でも構わないが、ステージを連続走行させて被対象物 1 からの画像を検出する関係で、連続発振が好ましい。ステージ 2 は、ステージ制御回路 35 によって図示しない方法により X、Y、 $\theta$  方向の制御が可能である。Z ステージ 2' は Z ステージ制御回路 36 によって図示しない方法により Z 方向の制御が可能である。

#### 【0030】

照明光源 3 からの光束 L1 は、シャッタ 4 によって光路を通過 (ON)、遮断 (OFF) に近い状態に切替えられることが可能である。シャッタ 4 は駆動制御回路 5 により任意の時間で移動制御が可能である。なお、シャッタ 4 としては、光束 L1 を完全に遮断する必要はなく、遮断に近い状態 (光量を著しく減少する) になればよい。即ち、シャッタ 4 としては、時間的に光量が著しく変化できるものであればよい。また、シャッタ 4 としては、光偏向器等の光音響変換器 (AOM) で構成し、該光音響変換器を駆動制御回路 5 で駆動して光の偏向等を変化させて光量を瞬時に著しく変化できるものであればよい。

シャッタ 4 を通過した光束 L 1 は、ミラー 6 とミラー 7 により光束 L 1 の光軸を上下左右に調整可能である。ミラー 6 とミラー 7 は図示しない方法で上下左右方向に移動可能である。光路分割ミラー 9 は光束 L 1 の一部光量を取り出し可能であり、その反射光を分割センサ 10 に投影するように設置する。ミラー制御回路 8 は、分割センサ 10 で光束 L 1 の光軸の位置を検出し、その位置が所定の位置から変化したときにミラー 6 とミラー 7 を移動制御することが可能である。図 27 には分割センサ 10 の実施例を示す。分割センサ 10 は例えば 4 分割のセンサとする。センサ 10 a、10 b、10 c、10 d の出力はアンプ回路 10 d に送られ、図示しない方法によって信号 10 e がミラー制御回路 8 に送られる。例えば、光束 L 1 が中心であるときには、分割センサ 10 の中央に照射され、位置 L 1 a となる。このときには、各センサの出力が同じとなるため、ミラー制御回路 8 に信号 10 e は送られない。光束 L 1 が変動によって移動し、位置 L 1 b あるいは位置 L 1 c となった場合には、センサの出力が変動するため、ミラー制御回路 8 に信号 10 e を送ることになり、その照射している位置から変動方向、変動量が判断でき、図示しない方法によってミラー 6 とミラー 7 を移動し、常に位置 L 1 a になるように制御することで、照明光源 3 から出射される光束 L 1 の光軸ずれを防止できる。

#### 【0031】

次に、光束 L 1 の光量は、光量を制限する ND フィルタ 11 により検査に必要な光量に制御される。ND フィルタ 11 は図示しない方法により ND フィルタ制御回路 12 の指令により駆動制御可能である。この ND フィルタ 11 に遮光に近いフィルタを備えることによって、シャッタ 4 の機能も備えることが可能となる。要するに ND フィルタ 11 も光偏向器も含めてシャッタ 4 も切替え速度の点では違いがあるが、光量を時間的に調整することができる点（光量調整手段）では同じである。なお、本実施例では、検査中の光量調整は ND フィルタ 11 で行い、観察時の光量調整（遮断に近い状態を作る）は光偏向器も含むシャッタ 4 で行うものとする。

#### 【0032】

次に、光束 L 1 は、ビームエキスパンダ 13 により対物レンズ 20 の瞳 20 a

の大きさになるように拡大される。次に、該拡大された光束は、照明範囲形成光学系 14 により試料 1 上の照明範囲が形成される（決定される）。次に、対物レンズ 20 の瞳 20a に入射する NA が開口絞り 15 によって制限される。即ち、開口絞り 15 は、対物レンズ 20 の瞳 20a と共役の位置に設置し、瞳 20a に入射する NA を制限するものである。開口絞り 15 は図示しない方法で開口絞り制御回路 16 の指令により駆動制御可能である。

#### 【0033】

次に、光束は、可干渉性低減光学系 17 を透過し、分割プリズム 18 により対物レンズ 20 に光束を導く。可干渉性低減光学系 17 は、照明光源 3 から出射されるレーザ光の可干渉性を低減するものである。この可干渉性低減光学系 17 は、時間的あるいは空間的コヒーレンスを低減するものであれば良い。可干渉性低減光学系 17 としては、例えば、照明光源 3 からのレーザビームを対物レンズ 20 の瞳 20a 上で走査するための機構で構成することができる。

分割プリズム 18 は、場合により偏光ビームスプリッタで構成され、照明光源 3 からの照明光を反射させて対物レンズ 20 を通して試料 1 に対して例えば明視野照明を施すように構成している。このように分割プリズム 18 から対物レンズ 20 までの光学系を照射光学系と称する。分割プリズム 18 を偏光ビームスプリッタで構成すると、照明光の偏光方向が反射面と平行な場合は反射し、垂直な場合は透過する作用をもつ。従って、照明光源 3 にレーザ光を用いると、元々偏光レーザ光であるため、分割プリズム 18 によってこのレーザ光を全反射させることが可能となる。

#### 【0034】

試料からの回折像を制御する手段である偏光素子群 19 は、試料と共役な位置あるいはその近傍に設置される。上記偏光素子群 19 は、照明光及び反射光の偏光方向を制御して、パターンの形状、密度差により、反射光がイメージセンサ 21 へ明るさむらとなって到達しないように、照明光の偏光比率を図示しない方法で任意に調整する機能を有するもので、例えば、 $1/2$ 、 $1/4$  波長板で構成される。この  $1/2$  波長板、および  $1/4$  波長板の各々を光軸回りに回転制御して回転角を設定することによって、試料 1 上に形成された回路パターンから発する

反射光の偏光状態、即ち、反射光の回折光が制御されることになり、例えば、0 次回折光を減衰させ、高次回折光を殆ど減衰させることなくイメージセンサ 21 によって検出でき、その結果パターンのコントラストが飛躍的に向上し、安定した検出感度を得ることができる。即ち、偏光素子群 19 は、反射光の回折光を制御する回折光制御手段を構成する。

#### 【0035】

照明光は、照射光学系を構成する対物レンズ 20 により試料 1 に照明され、その反射光を再び対物レンズ（集光光学系）20 によって取り込む。その反射光は、結像レンズ 22 及びリレーレンズ 23 によってのイメージセンサ 21 に結像するように構成する。即ち、結像光学系としては、結像レンズ 22 及びリレーレンズ 23 によって構成される。イメージセンサ 21 は、試料上換算で、 $0.05\mu\text{m} \sim 0.3\mu\text{m}$  程度の画素寸法を有し、被検査パターンの一例である試料 1 からの反射光の明るさ（濃淡）に応じた濃淡画像信号を出力するものである。ところで、対物レンズ 20 としては、屈折型のレンズでもよいが、反射型の対物レンズを用いてもよい。

#### 【0036】

さらに、分割プリズム 18 と結像レンズ 22 の光路中にビームスプリッタ 24 を設け、その反射光をレンズ 25 により例えば CCD カメラのような検出器 26 によって対物レンズ 20 の瞳 20a を観察可能にする。例えば、検出器 26 による対物レンズ 20 の瞳 20a の観察によって、前述した光源の光軸ずれを防止することができる。図 28 には検出器 26 による瞳 20a の観察の実施例を示す。検出器 26 には瞳 20a の検出像 26a が撮像されている。この断面 A-A では波形 26b が検出される。例えば、光軸が一致している状態でこの波形 26b の重心位置 26c を求めることによって。ビームスプリッタ 24 は反射を例えば 5 % 程度になるようにし、ほとんどが透過光となるような光学特性を持たせることによって検査光量に影響しないようにする。

#### 【0037】

さらに結像レンズ 22 とリレーレンズ 23 の光路中にミラー（切替光学系）27 を挿入する。ミラー 27 で反射した光束は、例えば結像レンズ 22 の結像位置

に設けられた CCD カメラのような検出器 28 に導かれる。すなわち、検出器 28 によって試料 1 の像が観察可能となる。検出器 28 は検出器制御回路 29 によって撮像のタイミングを制御可能である。なお、このミラー 27 は挿入／排出機構（図示せず）によって光路中に挿入あるいは排出可能である。検査時にはこのミラー 27 を排出し、検査光量に影響しないようにする。このように、結像レンズ 22 とイメージセンサ 21 との間にリレーレンズ 23 が配置されているので、検出器 28 とイメージセンサ 21 とでは、結像倍率を変えて撮像することが可能となる。検出器 28 で撮像する際にはミラー 27 が光路に挿入され、イメージセンサ 21 で撮像する際にはミラー 27 が光路から排出され、切り替えて使用可能となる。特に、観察（レビュー）する時、拡大画像を取りたい場合には、検出器 28 で検出する画像の倍率を増大させればよい。

さらに、検出絞り 30 を対物レンズ 20 の瞳 20a と共役位置に設置する。検出絞り 30 は図示しない方法によって、検出絞り制御回路 31 により検出時における瞳 20a の径を制御可能である。イメージセンサ 21 は駆動測度、タイミングなどの指令をイメージセンサ制御回路 32 によって制御可能である。

#### 【0038】

さらに、試料 1 の表面と対物レンズ 20 の焦点位置を常に合わせるため自動焦点検出系 33 を対物レンズ 20 の周辺に設置し、自動焦点検出系 33 によって試料 1 の高さを検出し、その高さを高さ検出回路 34 によって計測し、Z ステージ制御回路 36 に高さの偏差を入力することで Z ステージ 2' を制御して試料 1 の高さを合せることができる。

本体制御回路 50 は、前述したすべての制御回路の制御とイメージセンサ 21 からの信号を処理するものである。

なお、これらの光学系は、光学架台（図示せず）上に展開し、光源および照明光学系、検出光学系及びイメージセンサなどの光学系を一体化して構成する。その光学架台は、例えば門型のようにし、ステージ 2 の移動範囲に干渉しないような配置でステージ 2 を設置した定盤等に設置される。そのため、温度変化、振動等による外乱に対し、安定した検出が可能となる。

#### 【0039】

以上の構成により、照明光源 3 より出射された紫外光（例えば紫外レーザ光）L 1 は、ミラー 6、7 で反射され、光量を制限する ND フィルタ 11 を透過し、ビームエキスパンダ 13 で拡大され、可干渉性低減光学系 17、分割プリズム 18、および偏光素子群 19 を介して対物レンズ 20 に入射し、試料（半導体ウエハ）1 上に照射される。即ち、紫外光は、対物レンズ 20 の瞳 20 a に集光された後、試料 1 の上にケーラー照明される。試料 1 からの反射光は、試料 1 の垂直上方より対物レンズ 20、偏光素子群 19、分割プリズム 18、および結像レンズ 22、リレーレンズ 23 を介してイメージセンサ 21 で検出される。

#### 【0040】

検査時は、ステージ 2 を走査して試料 1 を等速度で移動させつつ、焦点検出系 33 で、試料 1 の被検査面の Z 方向位置を常に検出し、対物レンズ 20 との間隔が一定になるように Z ステージ 2' を Z 方向に制御する。イメージセンサ 21 は、試料 1 上に形成された被検査パターンの明るさ情報（濃淡画像信号）を高精度で検出する。

#### 【0041】

以上説明したように、試料の表面に可干渉性を低減させた紫外レーザ光を照射し、該紫外レーザ光が照射された前記試料の表面を撮像して画像信号を得、該画像信号を処理することにより試料上の 100 nm 以下の欠陥を検出し、該検出した 100 nm 以下の欠陥の試料上の位置に関する情報を出力することによって、試料上に形成されたパターンの欠陥を検査することが可能となる。

#### 【0042】

図 2 は、本発明に係わる装置の本体制御回路 50 の一実施例を示す図である。本体制御回路 50 は、A/D 変換器 200、階調変換部 201、画像フィルタ 215、遅延メモリ 202、位置合わせ部 203、局所階調変換部 204、比較部 205、CPU 212、画像入力部 206、散布図作成部 207、記憶手段 208、表示手段 209、出力手段 210、および入力手段 211 等で構成される。ここで、A/D 変換器 200、階調変換部 201、画像フィルタ 215、遅延メモリ 202、位置合わせ部 203、局所階調変換部 204 及び比較部 205 を画像処理部とする。

## 【0043】

A/D変換器200は、イメージセンサ21から得られる濃淡画像信号21'をデジタル画像信号に変換して試料の画像信号を出力するものである。例えば10ビットのものが使われる。階調変換器201は、A/D変換器200から出力される10ビットデジタル画像信号に対して特開平8-320294号公報に記載されたような階調変換を施すものである。即ち、階調変換器201は、対数変換や指数変換、多項式変換等を施し、画像を補正するものであり、例えば8ビットデジタル信号で出力するように構成される。画像フィルタ215は、階調変換され補正された画像から、紫外光で検出された画像の特徴的なノイズを効率良く除去するフィルタである。遅延メモリ202は、デジタル参照画像信号を記憶する記憶部であり、画像フィルタ215からのデジタル画像信号を、繰り返される半導体ウエハを構成する1セル又は複数セルピッチまたは1チップまたは複数チップ分記憶して遅延させるものである。ここで、セルはチップ内のパターンの繰返し単位である。なお、画像フィルタ215は遅延メモリ202を通過した後でもよい。位置合わせ部203は、階調変換器201から出力される階調変換が施されたデジタル画像信号（試料から得られるデジタル検出画像信号）213と遅延メモリ202から得られるデジタル遅延画像信号（基準となるデジタル参照画像信号）214との位置ずれ量を正規化相関によって検出して画素単位に位置合わせを行なう部分である。局所階調変換部204は、特徴量（明るさ、微分値、標準偏差、テクスチャ等）の異なる信号を、該特徴量が一致するように双方若しくは一方の画像信号について階調変換する部分である。比較部205は、局所階調変換部204で階調変換されたデジタル画像信号（検出画像信号と参照画像信号）同士を比較して特徴量の相違に基いて欠陥を検出する部分である。即ち、比較部205は、遅延メモリ202から出力されるセルピッチ等に相当する量だけ遅延した参照画像信号と検出した検出画像信号を比較する。即ち、画像処理部は、比較結果に関する情報（差画像あるいは該差画像を判定閾値で判定された特徴量）をCPU212に出力することになる。試料1上における配列データ等の座標を、キーボード、ディスク等から構成された入力手段211で入力しておくことにより、CPU212は、試料1上における配列データ等の座標に基づ

いて、欠陥検査データ（欠陥についての位置及び寸法に関する情報）を作成して記憶手段 208 に格納する。この欠陥検査データは、必要に応じてディスプレイ等の表示手段 209 に表示することもでき、また出力手段 210 に出力することもできる。また、ステージ 2 などの各種駆動部分を検査条件や、検査状態に応じて制御をすることが可能である。なお、比較処理部 205 の詳細は、特開昭 61-212708 号公報に示したもの等よく、例えば画像の位置合わせ回路や、位置合わせされた画像の差画像検出回路、差画像を 2 値化する不一致検出回路、2 値化された出力より面積や長さ（投影長）、座標などを算出する特徴抽出回路からなる。画像入力部 206 は、位置合わせ部 203 で画素単位で位置合わせされた両画像の散布図を作成するために、同期或いは非同期で入力する部分である。散布図作成部 207 は、画像入力部 206 で入力された両画像について、カテゴリ別の検出画像の特徴量と参照画像の特徴量との間の散布図を作成し、例えば表示手段 209 に表示するものである。なお、画像処理部は、複数のアルゴリズムを搭載し、自動的に或いは指定によりこれらのアルゴリズムや判定しきい値を選択可能とした複数で構成してもよい。

#### 【0044】

図 3 は、本発明に係わる装置における画像処理の流れの一例を示す。画像フィルタ 215 の一例を説明する。まず、入力された画像 280、280' に対し、必要に応じてノイズの除去と画質の改善を行い、S/N を向上させる。ノイズ除去（ステップ 281）には各種フィルタが用意され、対象物やノイズの質に応じて選択可能となっている。その例を挙げると、近傍の値を、重みをつけて用いる方法である。実際には着目画素に対して  $n \times m$  の近傍の値にフィルタ係数をかけて加算するものである。

#### 【0045】

図 4 は本発明に係わる装置における画像処理のフィルタ処理の一例を示す。図 4 では  $m = n = 3$  とし、各近傍画素値の重みが  $1/8$  の場合である。着目画素の値は（式 1）となる。

#### 【0046】

$$F(i, j) = B \cdot 1/8 + D \cdot 1/8 + F \cdot 1/8 + H \cdot 1/8 + E \cdot 1/2 \quad (\text{式 1})$$



フィルタのサイズ、係数はルックアップテーブルを用いてフレキシブルに変えることができる。もう 1 つの例としてメディアン・フィルタがある。これは設定した近傍内の輝度値の中央値をとるものであり、特異点の影響を除去することができる。また、別の例はガウス関数を用いる。これは、まず画像  $f(x, y)$  に対して平均 0、分散  $\sigma^2$  の 2 次元ガウス関数 (式 2) を (式 3) によりたたみ込むことによって画像の平滑化を行う。

【0047】

$$G(x, y) = (1/2\pi\sigma^2) \cdot \exp(-(x^2 + y^2)/2\sigma^2) \quad (\text{式 2})$$

【0048】

【数 1】

$$F(x, y) = G(x, y) \otimes f(x, y) \\ = \iint G(x+u, y+v) \cdot f(x, y) du dv \quad \otimes \text{はたたみ込み (式 3)}$$

また、別の例ではフーリエ変換を利用し規則的に生じるノイズを除去することも可能である。

【0049】

次にノイズの除去により劣化した画像を復元する (ステップ 282)。その 1 つの例としてウィーナ・フィルタにより復元を行う。これは入力後の画像  $f(x, y)$  と復元後の画像  $f'(x, y)$  との平均 2 乗誤差が最小となるような画像を与えるものである。

【0050】

更に、比較する検出画像 280 と参照画像 280' 間で見え方に大きな違いがないかを調べる。この評価指標としては、コントラスト、明るさのばらつき (標準偏差)、ノイズ成分の周波数などの特徴量がある。画像間でこれらの特徴量を演算し (ステップ 283)、画像間でこれら演算された特徴量を比較して大きな差があれば (ステップ 284)、まずは、これらの特徴量が近くなるような画像補正 (画像の合わせ込み) (ステップ 285) を行う。これは上記のウィーナ・フィルタを検出画像 280 と参照画像 280' 間で用いてもよい。また、検出処理において、感度低下判定を行い (ステップ 286)、特徴量の合わせ込みがで

きないレベルにあるときは、比較部 205 にて感度を低下させ、虚報の発生を押さえるようにする。

なお、画像処理部 50 での詳細な欠陥算出方法については、特開 2001-194323 号公報に示したもの等で実現可能である。

#### 【0051】

次に、照明光源 3 について説明する。高解像化のためには短波長化を行うことが必要であるが、その効果が最も得られる紫外の波長領域において高照度の照明を得る手段としてレーザを光源とするのが適していると考えられる。以上のように、紫外レーザ光を光源とすることには大きなメリットが存在する。本発明では、紫外レーザ光による照明を行う方法を示す。

#### 【0052】

図 5 には、通常の白色光で照明した場合の対物レンズ 20 の瞳と視野の照明状況を示した。図中 (a) は瞳を、(b) は視野を示す。瞳 100 での位置では光源の像 101 が結像し、視野 102 の位置では視野全体 103 にほぼ均一に照明される。

#### 【0053】

次に、図 6 には、レーザ光源で照明した場合を示す。同様に図中 (a) は瞳を、(b) は視野を示す。レーザの場合は、光源が小さいスポットであるため、(a) に示す瞳 100 での光源像 104 は点になる。(b) に示す視野 102 では視野中心にのみ照明 105 されることになる。たとえば同図 (c) のような断面のパターン 106 の場合、(d) のような検出波形を持った像となる。このように回路パターン 106 をレーザ光で照明して回路パターンの画像を取得する場合、エッジ部分にオーバーシュート 107、アンダーシュート 108 が発生したり、スペックル 109 が発生する。その原因は照明の  $\sigma$  が小さいためである。このことは、対物レンズ 20 下の視野に対して照明を様々な角度から行っていないものということができる。通常の白色光の照明では、瞳上にある大きさを持った照明を行い、視野に対して対物レンズの NA (開口数) に匹敵する角度範囲を持った方向から照明を行っている。レーザ光のごとき可干渉 (コヒーレンスを有する) をもつ光では、 $\sigma$  (瞳上での光源の大きさに比例する) は 0 となる。これは、

可干渉な光は、その光源像が点であるため、瞳100上での像が点になってしまうためである。もちろん、図7(a)のごとく、別なレンズ系により広げた光束110を瞳100上に投影し、(b)に示すごとく視野102の全体111にほぼ均一に照明することはできるが、レーザ光そのものにコヒーレンスがあるため、 $\sigma = 0$ の位置からすべての光がでているのと同じ結果(図6(b)に示す105)を得てしまい、問題の解決とはならない。従って、レーザ光のコヒーレンスを低減する手段が必要となる。コヒーレンスを低減するには、時間コヒーレンスか空間コヒーレンスのいずれかを低減させればよい。

#### 【0054】

そこで、本発明に係わる装置の可干渉性低減光学系17によるコヒーレンス低減の原理説明図を図8に示す。同図(a)において、対物レンズ20の瞳100(20a)において照明光を112の位置で照明し、次に112'の位置で、次に112''の位置で、…最後に112' " というように瞳20a内を走査し、同図(b)に示す視野102上を照明113となるようにする。これは、図5で説明した通常の白色光の照明での結果と同様の効果を得ることになる。また、同図(c)に示すように、瞳100上で渦巻き状114に走査してもよい。また、同図(d)に示すように、瞳100上で2次元に走査115してもよい。この間、各位置でスペックルとオーバーシュート、アンダーシュートの像が得られるが、得られた時刻がそれぞれ異なるために互いに干渉性はない。従って、それらをイメージセンサ21上で加算若しくは積算すると、インコヒーレントな光源によるものと同じ像を得ることになる。イメージセンサ21上で加算若しくは積算するためには、イメージセンサ21は、試料上(視野上)換算で、 $0.05\mu\text{m} \sim 0.3\mu\text{m}$ 程度の画素寸法を有し、CCDのように蓄積型の検出器(具体的にはTDIセンサ)が適している。即ち、蓄積型のイメージセンサとして、1次元センサを使うことを考える。

#### 【0055】

図9に示すようにイメージセンサ21として1次元センサを用いる場合、視野102の全面を照明しても、検出に寄与する照明は領域301だけで、それ以外の光パワーの大部分を占める領域300では検出に寄与しないことになる。そこ

で、照度を向上させるためには、図 10 に示すように 1 次元センサに対して領域 302 のように線状の照明を行うと良いことになる。本発明では、イメージセンサ 21 として、CCD センサの中でも時間遅延積分形、即ち TDI (Time Delay & Integration) 式のセンサを用いることで構成する。TDI センサの場合、短手方向には、視野上で N 段 (数十～256 段程度あるいは 1000 段程度) のステージと呼ばれる受光部が並び、長手方向にはそのステージが複数個ならんで一元センサを形成する。

#### 【0056】

次に、照明範囲形成光学系 14 について図 11 を用いて具体的に説明する。即ち、図 11 に示すように、ビームエキスパンダ 13 出射後の照明範囲形成光学系 14 にホモジナイザ 303 を使用することで、矩形の照明を実現可能である。ホモジナイザ 303 は、長方形のレンズアレイ 304 を複数配置したものを使用する。長辺 L と短辺 l の差によって矩形の照明が可能である。L = l の場合は円形照明となる。ところで、2 次点光源を形成するレンズアレイ 304 の長辺及び短辺方向のそれぞれのピッチを変えることにより、試料上で長方形の照明範囲を変えることが可能となる。このように、レンズアレイ 304 を複数個 (多数個) 配置することによって、瞳上で複数 (多数) の 2 次点光源を実現できるため、試料に対して照明むらを押さえることが可能である。

#### 【0057】

次に、光量を制限する ND フィルタ 11 について図 12 を用いて具体的に説明する。図 12 (a) は ND フィルタ 11 の配置を示した図、図 12 (b) は ND フィルタ 11 の回転角度と透過率の関係を示した図である。レーザ光源 3 からの光束 L1 は、レーザ光源の安定化のため、最大出力で照射される。そのため、イメージセンサ 21 に到達する光量を制限する必要がある。図 12 (a) において、レーザ光源 3 からの光束はミラー 6、7 を反射して ND フィルタ 11 に通過する。このとき、ND フィルタ 11 が光束に対して直角であった場合、その反射光は、再度ミラー 6、7 を反射してレーザ光源 3 の内部に戻るようになる。すると、レーザ光源 3 の共振器内でレーザ光が干渉し、レーザ出力が不安定になることになる。そこで、ND フィルタ 11 の光軸を光束に対して角度  $\alpha$  だけ傾ける。角

度  $\alpha$  は、ND フィルタ 11 の入射面から反射した光束 R がレーザ光源 3 のレーザ出射口に直接戻らない角度に設定すれば良い。ND フィルタ 11 としては、例えば図 12 (b) に示すように透過率が回転角度によって変化するものを使用する。なお ND フィルタ 11 は、矢印方向に回転可能であり、ND フィルタ制御回路 12 によって所定の回転角度で固定が可能である。

#### 【0058】

次に、開口絞り系 15 について図 13 を用いて具体的に説明する。図 13 (a) には、本発明における開口絞り 15 の一実施例を示す。開口絞り 15 は、光束が透過する径  $d_1$  を変更することが可能である。 $d$  は対物レンズ 20 の瞳 20a の径と同じであり、 $d_1 = d$  が照明シグマ 1 に相当する。開口絞り 15 の位置は、対物レンズの瞳 20a 位置と共役な位置であり、照明シグマを変更することになる。検査レシピ又はレビューレシピとして設定される対象となる試料 1 の表面形状によって、本体制御回路 50 の CPU 121 は、開口絞り制御回路 16 を介して上記開口絞り 15 の径  $d_1$  を任意に設定することが可能である。また、開口絞り 15 を輪帯形状（擬似輪帯形状も含む）にすることも可能である。図 13 (b) には輪帯照明を実現するときの開口絞り 15a を示す。内シグマ  $d_2$  と外シグマ  $d_3$  の組み合わせは自由とし、これらを組み合わせて使用すれば、さらに解像度の高い検出が実現可能である。

#### 【0059】

次に、可干渉性低減光学系 17 の第 1 の実施例について図 14 乃至図 16 を用いて説明する。本第 1 の実施例では、レーザ光路中に照明光を拡散させる拡散板 702 を設置する方式でコヒーレンシ低減を実現している。図 14 に示すように、コヒーレンシ低減光学系 17 は、照明範囲形成光学系 14 での点光源群をレンズ 600、601、602、603 により対物レンズ 20 の瞳 20a 上に結像させ、レンズ 601 とレンズ 602 との光路中に拡散板 702 を挿入して構成される。拡散板 702 はモータ 703 により回転可能である。拡散板 702 は、試料 1 と共役付近 607 に設置する。なお、700 及び 701 はミラーで構成される。そして、拡散板 702 の形状を図 15 に示す。図 15 (a) は正面図であり、同図 (b) は拡散面の詳細図である。図 15 (c) は、同図 (a) の断面 X-X

を示したものである。拡散板 702 は、表面から観察すると、粒径が 0.1 mm 程度の大きさで、多角形の形状あるいは円形である粒状 704、705、706 をランダムに配置して形成することが望ましい。また、断面も粒径に応じ、凹凸の量もランダムな形状をしていることが望ましい。この拡散板 702 をイメージセンサ 21 の蓄積時間内で高速に回転させることで多数のレーザ光を瞳 20a 上でランダムに走査（偏向）させて光干渉性を完全に無くすることが可能である。高速回転をさせる方法としては、モータ 703 にエアータービンモータを用いることで数 kHz の回転数を実現することが可能である。しかしながら、数 kHz の回転数を実現するためには、拡散板 702 とモータ 703 の取り付け状態によっては偏芯が生じて回転時に振動が生じてしまい、装置そのものの精度に影響を及ぼす可能性がある。そこで、拡散板 702 の回転数がイメージセンサ 21 の蓄積時間に達しなくてもよい低速の回転数で実現可能な方法を提案する。図 16 には、拡散板 702 の回転数と画像ノイズとの関係を示す。横軸は拡散板 702 の回転数であり、右方向は高速回転に相当する、縦軸は画像ノイズを示し、上方向はノイズが大きいことに相当する。画像ノイズとは、試料 1 上におけるコヒーレンシに相当するものである。実際にイメージセンサ 21 で画像を取得し、波形 707 はそのときのランダムノイズを測定したものである。コヒーレンシが大きい場合は、画像ノイズが大きくなることになり、小さい場合は、十分にコヒーレンシが低減されていることに相当する。同図において、拡散板 702 の回転数を高速にすると画像ノイズは小さくなっていくことがわかる。画像ノイズは、欠陥判定におけるノイズ以下であればよいので、許容範囲内での回転数を設定すればよいことになる。この回転数は、イメージセンサ 21 の蓄積時間の約 1/4 相当である。

#### 【0060】

次に、可干渉性低減光学系 17 の第 2 の実施例について図 17 を用いて説明する。本第 2 の実施例は、第 1 の実施例における拡散板 702 の位置に回転位相板 750 を設置したものである。図 17 には回転位相板 750 の構成を示す。図 17 (a) は正面図、同図 (b) は詳細を示した図、図 17 (c) は、同図 (a) の断面 X-X を示した図である。位置 751 では、位相が変化しないような回転

位相板の厚さ ( $\lambda$ ) とする。段差を例えば、段差 754 では位相差 ( $1/2\lambda$ )、段差 752 では ( $1/4\lambda$ )、及び段差 753 では ( $3/4\lambda$ ) … だけずらして作成する。これらの、深さの異なる多数の段差をランダムに施す。この回転位相板 750 を、図 14 に示したように拡散板 702 の代わりにモータ 703 に固定し、回転させることで、多数のレーザ光の位相を各段の深さに応じて変化させる (ランダムに位相変調させる) ことができるため、対物レンズ 20 の瞳 20a 上で走査されるのと同等になり、レーザの干渉性を低減することが可能である。また、図 17 (d) に段差の上面を平坦ではなく突起状にした例を示す。突起の上面をそれぞれ、位置 751' では、位相が変化しないような高さとし、段差 754' では位相差  $1/2\lambda$ 、段差 752' では  $1/4\lambda$ 、及び段差 753' では  $3/4\lambda$  … だけずらして作成する。同様にレーザ光の位相を各段の深さに応じて変化させることができるため、レーザの干渉性を低減することが可能であり、かつ突起の角度が異なるため、光束が拡散する効果もあり、さらなるコヒーレンシの低減が可能である。

#### 【0061】

可干渉性低減光学系 17 の第 3 の実施例について図 18 を用いて説明する。本第 3 の実施例は、光源の像を走査する手段として共振型のガルバノミラーを使用した実施例である。照明光源 3 からの光束をレンズ 600 により対物レンズ 14 の瞳 20a と共役な位置 606 に作成する。さらに、反射光をレンズ 601 とレンズ 602 により次の共役位置 606' に作成する。この反射光をレンズ 603 により、対物レンズ 20 の瞳 20a に結像する。この共役位置 606 に上下方向に揺動可能なガルバノミラー a 605 を、共役位置 606' に左右方向に揺動可能なガルバノミラー b 605' を設置する。なお、レンズ 602 とレンズ 603 の間には試料 1 と共役位置 650 が作成される。

#### 【0062】

次に、共振型のガルバノミラーの他の実施例を図 19 に示す。ガルバノミラー 605、605' の各々は、図 19 に示すように、固定となる部分と揺動する部分を一体整形して作成される。すなわち、固定側 608 と 609 から張り出したバー 610、610' によって揺動可能な面 607 が形成される。面 607 の表

側には、コイル 611 を形成されている。コイル 611 の両端は、磁石 612、613 である。コイル 611 に電流 614 を流すことにより、磁石 612、613 と反発し、面 607 が該バー 610、610' を回転中心として揺動する構造となっている。なお、面 607 の裏側はレーザ光を全反射するコーティングを施し、ミラーの役目を果たしている。一定の電流を流すと、裏側にミラー面を有する面 607 は一定の周波数で揺動することが確認されている。図 20 に周波数特性を示す。共振周波数を横軸に、揺動角度を縦軸に示す。ピークを持つ周波数は、1000 Hz から 5000 Hz で任意の周波数とする。この周波数を制御するためには、前述したバー 610、610' の幅を変えることにより実現可能である。もちろん、1000 Hz 以下の周波数も可能である。所定の周波数で揺動角度が最大となるような特性で製作する。図 21 に電流値と揺動角度の関係を示す。電流を横軸に、揺動角度を縦軸に示す。流す電流に応じて、揺動角度も制限可能である。図 18 のように配置したガルバノミラーでは、光束を上下左右に動作するため、同じ共振周波数の図 19 に示すガルバノミラーを配置することが望ましい。

#### 【0063】

なお、ガルバノミラーの共振周波数は、イメージセンサ 21 の蓄積時間に同期させることが望ましい。イメージセンサ 21 は、駆動周波数と短手方向のステージ段数の積の時間で画像を取得する。例えば、駆動周波数が 300 KHz とし、ステージ段数が 500 段とした場合、600 Hz で画像を取得することになる。揺動する共振型のガルバノミラーの周波数が 600 Hz となるように特性を設定すれば、蓄積時間で、一回転の揺動が実現可能である。または、共振型のガルバノミラーが製作時のばらつきなどにより、周波数が例えば 611 Hz 等のように理想的な周波数と異なった場合は、イメージセンサ 21 の駆動周波数を 305.5 KHz のように変更すれば、蓄積時間で、一回転の揺動が実現可能である。すなわち、イメージセンサでの画像取得時間と共振型のガルバノミラーの周波数をどちらかで合わすことによって、理想的な揺動と画像取得が可能となる。

#### 【0064】

次に、このように UV 光、特に DUV 光を検出できるイメージセンサ 21 とし



てのTDIセンサの実施例について説明する。図22に表面反射型センサを示す。照明光源3として、DUVレーザ光源を使用する場合は、DUVに対して感度のあるイメージセンサを使用する必要がある。表面照射型イメージセンサ200は、入射光150はカバーガラス151を透過し、ゲート154を通過してCCD155に入るため、短波長の入射光が減衰し400nm以下の波長に対して感度がほとんどなく、DUV光の有効検出はできない。

#### 【0065】

そこで、カバーガラスに有機薄膜コーティングを施し、DUV光が入射されるとそれに応じて可視光を発光するようにすることで、可視光にしか感度のないイメージセンサでDUV光を検出する方法がある。図23には有機薄膜コーティング方式のイメージセンサを示す。有機薄膜コーティング方式のイメージセンサ201は、カバーガラス151に有機薄膜コーティング152を施し、入射光150の透過光を有機薄膜コーティング面152で蛍光153を発するため、可視光でしか感度のない表面照射形イメージセンサでもDUV光を検出可能となる。図24にその分光特性を示す。分光特性156は、通常の表面照射型イメージセンサ200の特性である。400nm以下の波長に対して感度がない。分光特性157は、有機薄膜コーティング方式のイメージセンサ201の特性である。400nm以下の波長に対して感度が付加されるようになる。

#### 【0066】

さらにDUV光に対して感度をよくするためには、裏面照射型イメージセンサを使用すればよい。図25に裏面照射型イメージセンサの構造を示す。裏面照射型イメージセンサ202は、入射光150はカバーガラス158を透過して、ゲート構造のない薄くした裏側159を通してCCDに光が入射する。そのため、ゲート160を通過することがないため、図24に示すように、分光特性161となり、量子効率が高く（例えば、30%以上）ダイナミックレンジが大きくとれ（例えば、3000以上）、400nm以下の波長にも感度があり、200nmを切るような短波長照明に特に有利である。このようなイメージセンサの場合、いくつかの照明波長を用いるときも、ひとつのイメージセンサで対応可能である。また、イメージセンサをTDI（Time Delay Integration：時間遅延積分型

）にすることで、感度を大きくすることができる。さらに、アンチブルーミングの特性をもたせることで、必要以上の検出光量が得られたときに、周囲の画素に電荷があふれるという課題を解決できる。このように、検査時の波長にもっとも量子効率のよいイメージセンサを用いることが望ましい。

#### 【0067】

さらに、紫外光による高解像度化に加え、前述したように偏向素子群 19 を図示しない方法によって制御して試料からの周波数をフィルタリングすることにより、イメージセンサ 21 で撮像するパターンコントラストを向上することができる。パターンコントラストを向上させるため、偏向素子群 19 の制御によって、紫外レーザ光の偏光状態を自在に制御できることに着目し、照明光の偏光の向き、楕円率を制御し、イメージセンサ 21 で検出光の一部偏光成分を検出することを可能とした。紫外レーザ光による照明の特徴に単一波長であるということと、直線偏光であるということがある。このため、光路内に設けた偏光素子群 19 に  $1/2$  波長板と  $1/4$  波長板とすることで、高効率にその偏光状態を制御することができる。制御は、例えば光軸を中心に  $1/2$  波長板と  $1/4$  波長板を回転すればよい。試料の形状によっては、照明の偏光状態によりパターンコントラストが大きく変化するため、偏光状態を制御可能（波長板を回転させて位置決め）とすることにより光学系の性能を向上することができる。より具体的には、偏光素子群 19 の  $1/2$  波長板で直線偏光の向きを制御し、 $1/4$  波長板で楕円率を変えることができる。これにより、検出感度の向上が図れる。これらの組み合わせにより、平行ニコルと直交ニコルも実現できる。勿論、円偏光状態も実現できる。なお、これらは、照明波長自体には依存しない。

#### 【0068】

また、上記概念が成立すれば、実現するための構成は任意のものでよい。勿論、対物レンズ 20 の瞳 20a と共役な位置に、空間フィルタを配置し、0 次光を減衰させてもよい（空間フィルタにより、パターンからの回折光をブロックし、異物からの散乱光をイメージセンサに導くこともできる）。しかしながら、偏光を制御すると、高次の回折光をより効率的に抽出できる。発明者らの実験によると、約 20～300% コントラストが向上することが判明している。

## 【0069】

次に、0次光を減衰する実施例について説明する。図26に検出絞り30の実施例を示す。検出絞り30は対物レンズ20の検出時における瞳20aを制限するものである。図26(a)には検出絞り30の全体図を示す。Dは瞳20aの大きさに相当する。外絞りD1、内絞りD2それぞれ図示しない方法で大きさを変更可能である。図26(b)は通常の状態を示し、外絞りD1を最大に解放し、内絞りD2を排除した状態であり、瞳20aでの全光束を検出できる。図26(c)は外絞りD1を最大に解放し、内絞りD2を30'に設定した状態である。これによって、瞳20aの中央部分の光量を制限可能となる。すなわち、前述したように0次光を減衰させることに相当する。図26(d)は外絞りD1を30''に設定し、内絞りD2を排除した状態である。これによって、瞳20aの周辺部分の光量を制限可能となり、対物レンズ20のNA( $\sigma$ )を制限したことと同じ状態を作成することができる。これは、解像度を低下することになることから、試料1からのスポット的な反射光、すなわち配線を形成した試料1を検出するときに生じるグレインと呼ばれるものを抑制する効果がある。すなわち、スポット的な反射光は高次の回折光を発生することが多く、それを検出しなければグレインの影響を押さえることが可能である。解像度を低下することは高次の回折光を検出しないことになるため、図26(d)に示したような検出瞳30の状態に設定することで効果がある。

## 【0070】

上記の構成において、動作を説明する。図29に試料がレジストで形成された場合の検査における線幅の変化の一例を示す。横軸は検査時の照明光量であり、右方向に照明光量が少なくなる。縦軸は、試料の線幅の変化であり、上方向に線幅の変化が大きい。検査レシピとしてCPU212に入力されて設定される、このような特性をもつ試料においては、CPU212はNDフィルタ11の透過光量を算出し、該算出された透過光量に基づいて例えばNDフィルタ制御回路12によりNDフィルタ11を制御して、線幅の変化の許容値よりも少ない照明光量で検査を行えば、試料に対して影響のない検査が可能である。また、レジスト以外にも照明光量に対して、線幅あるいは表面形状に対して、影響があると考えら

れる薄膜、金属膜などで形成された試料（検査レシピとしてCPU212に入力されて設定される）に対しても同様の特性があると考えられるため、例えばNDフィルタ11を制御することにより、それらにおいても変化の許容値よりも少ない照明光量で検査を行えば、試料に対して影響のない検査が可能である。そのためには、本体制御回路50のCPU212は、検査時において照明光を試料に必要以上に照射しないように光量調整手段11、4を制御すれば良い。

#### 【0071】

さらに、光学系（特に照明光学系）においても光を透過させることによって、光学部品のダメージが懸念されたり、試料にダメージが生じたりするので、本体制御回路50において、図33及び図34に示すレシピ設定手段を構成するレシピ設定画面3300a、3300bにおいて設定された検査条件及びレビュー条件を基にCPU212からの指令に基づいて検査時および観察時（レビュー時）において画像を取り込む期間のみ駆動制御回路5によりシャッタ4を開くように制御すればよい。

#### 【0072】

即ち、レシピ設定手段で設定される試料（半導体素子）の種類に応じて設計データによって決まるチップの配列データに基づく照明光の照射と検査の関係を示した一実施例を図30に示す。図30（a）は試料の形状（チップの配列データ）を示したもので、試料1はパターン1aが描画されておりこのパターン部1aをイメージセンサ21から検出される画像信号を基に検査する。図30（b）はステージ2のX方向の移動パターンである。検査方向はX方向とし、隣の検査エリアに移動する方向をY方向とする。図30（c）はシャッタ4の開閉パターンの一例を示す。同図において、検査開始位置からX方向にステージ2を移動する。パターン1aの開始位置Aを、本体制御回路50からシャッタ駆動回路（シャッタ制御回路）5に与え、光源3の光が試料1に照射するようにシャッタ4を開側に移動する。ステージ2は本体制御回路50からの指令に基づいてステージ制御回路35によりX方向に移動し、パターン1aの終了位置Bに到達したら、光源3の光が試料1に照射しないように駆動制御回路5により光偏向器を含むシャッタ4を閉側に移動する。次に、次列の検査のため、本体制御回路50からの指

令に基づいてY方向にステージを移動する。その後、X方向にステージを移動して、同様にパターン1aの開始位置でシャッタ4の開閉動作を行う。図30(a)の太線で描いた部分1000ではシャッタ4を開き、細線1001の部分ではシャッタ4を閉じる。このような本体制御回路50からの指令に基づくシャッタ動作によって、必要部分でのみ光学系（特に照明光学系）に光を透過させないため、光学系のダメージを必要最小限に抑制することが可能である。即ち、シャッタ4を閉じるとき、完全に遮断する必要はなく、照射光量が著しく少なくなればよい。

### 【0073】

また、検査時以外にも試料にダメージを与える可能性がある。例えば、検査条件を設定するために、パターンの配置、形状を確認するため、あるいは検査結果を確認するための観察時（レビュー時）である。検査時においては、高速のスキャン動作によって試料1に照射する光量でダメージを与えることは少ないが、検出器28等を用いた観察時には試料1を静止させて画像を取得することになるため、照明光を試料1に照射する時間が長時間となる。そこで、図34に示すレシピ設定手段を構成するレビューレシピ設定画面3300bにおいてCPU212に対して設定されるパターンの配置、形状や検査結果を確認するための観察位置（レビュー位置）において、観察画像を取り込む時間Tだけシャッタ4を開くようにCPU212からの指令に基づいて制御すればよい。即ち、上記確認するための観察時（レビュー時）における照明光の照射と観察の関係を示した一実施例を図31に示す。図31(a)はステージ2の移動タイミングであり、同図(b)はシャッタ4の駆動パターンを示す。例えば、図31(a)において、ステージ2が観察位置に移動し、再度ステージ2が移動するタイミング1004とする。ステージ2が停止した位置が観察位置とすると、図31(b)に示すタイミング1005で、シャッタ駆動回路5を動作させ、シャッタ4を開閉する。即ち、シャッタ4を閉じるとき、完全に遮断する必要はなく、照射光量が著しく少なくなればよい。その時間は、検出器28として例えばCCDカメラを用いた場合にはその1回の蓄積時間Tを開の時間とする。必要な観察位置でのみ試料1に対して光を照射することによって、試料1に照射する光量を制限可能である。もちろ

ん、この光量は試料 1 に対してダメージを与える光量ではない。

#### 【0074】

さらに、レビューレシピとして設定される、検査後における検査結果が正解であるかの確認のため、例えば検出器 28 を用いて本体制御回路 50 において観察する場合がある。その場合、その結果が焦点位置を変化させて（例えば Z ステージ 2' の移動させて）、観察することが考えられる。その場合、幾度も同じ場所を確認すると試料 1 に対して光が照射され続けることになるため、試料 1 にダメージを与えることになる。図 32 に焦点位置が変化したときの照明光の照射と観察の関係とを示した一実施例を示す。図 32 (a) は Z ステージ 2' の移動タイミングであり、同図 (b) はシャッタ 4 の駆動パターンを示す。例えば、同図 (a) において、Z ステージ 2' が観察位置に移動し、タイミング 1006 で連続移動するとする。(b) に示すタイミング 1007 で、シャッタ駆動回路 5 を動作させ、シャッタ 4 を開閉する。即ち、シャッタ 4 を閉じるとき、完全に遮断する必要はなく、照射光量が著しく少なくなればよい。そのとき検出器 28 で観察される画像を逐次メモリ 220 に蓄えておくことで、焦点移動時の試料 1 の変化が本体制御回路 50 において観察できることになる。再度、レビューレシピとして設定される、この位置で観察が必要となった場合、再度試料 1 に光を照射することなく、焦点が変化した位置で観察が可能となり、試料 1 に対するダメージを与えることがなくなる。

#### 【0075】

また、試料 1 によっては、ダメージを考慮する必要のない材料も存在する。例えば、 $\text{SiN}_4$  のような材料である。これらを検査、観察するときには上述したような制御は不要になる場合もある。本体制御回路 50 の CPU 212 が、それらの材料によって、照射条件を設定し得るためには、例えば、図 33 及び図 34 に示す、検査条件を設定するレシピなどにおいて、その試料の状態（表面状態、材質、膜厚、ダメージ条件、チップの種類、チップの配列状態、プロセス工程など）を記憶手段 208 に記憶された設計データなどから、あらかじめ設定することで、上記照射条件を含めて検査条件を決めることが可能である。即ち、表示手段 209 に表示された図 33 及び図 34 に示すレシピの設定画面 1008 におい

て、上述した試料の状態を記入あるいは入力することによって、検査条件をCPU121に対して設定して記憶手段208に記憶することが可能となる。図33は表示手段209に表示されて検査レシピをCPU121に対して入力して設定するための検査時における検査レシピ設定画面を示し、図34は表示手段209に表示されてレビュー（観察）レシピをCPU121に対して入力して設定するためのレビュー時（観察時）におけるレビューレシピ設定画面を示す。

#### 【0076】

CPU121は、図33に示す、レシピ設定手段である検査レシピ設定画面3300aにおいて、検査条件設定用画像3302aを表示し、試料の種類、試料の工程、試料の表面の材料、被検査パターンの形状および検査場所等の検査条件3301aが入力されて設定され、入力されて記憶手段208に記憶された試料の種類毎の設計データを基に設定された試料の種類等に応じて試料上のチップ配列データを作成してウェハのマップ3303aとして表示し、検査結果である欠陥サイズ、場所、カテゴリなど3304aを表示する。

#### 【0077】

CPU121は、さらに、図34に示す、レシピ設定手段であるレビューレシピ設定画面3300bにおいて、レビュー座標で指定されたレビュー画像3302bを表示し、試料の種類、試料の工程、試料の表面の材料および光量等のレビュー条件3301bが入力されて設定され、入力されて記憶手段208に記憶された試料の種類毎の設計データを基に設定された試料の種類等に応じて試料上のチップ配列データを作成してウェハのマップ3303bとして表示し、レビュー結果である欠陥サイズ、場所、カテゴリなど3304bを表示する。

#### 【0078】

このように、CPU121は、検査時およびレビュー時において、レシピ設定手段で設定されたレシピ条件（検査条件およびレビュー条件）を基に、照明光学系や試料1にダメージが生じないようにステージ2の移動に対する照明条件（特に光量）を決定し、該照明条件に合うようにシャッタ4又はNDフィルタ11を制御することにある。

#### 【0079】

次に、以上説明した被検査パターン欠陥検査装置を用いた場合の、半導体形成工程においての有効な活用方法について図35を用いて説明する。LSI等の半導体は、さまざまな工程を経て形成される。すなわち、各工程にて転写されたパターンが積層されてデバイスとなるが、その工程のなかで1箇所でも断線、ショートなどの欠陥があるとそれ以降の工程が不良として製作されることになる。そこで、例えば、絶縁膜形成工程3501で形成された絶縁膜上の欠陥を検査工程3502において本発明に係る被検査パターン欠陥検査装置を用いて検査して突発的な以上の有無を取得し、3503でそれを分析することで、例えば、絶縁膜を成膜する装置や表面を平坦に加工するCMP (Chemical Mechanical Polishing) 装置へのフィードバックが可能となる。また、検出された欠陥部をレビューし(観察し)(3504)、致命欠陥でなければ、そのまま工程を通すことで不良率を低減させ、致命欠陥の場合にはレビュー装置等で不良解析を行い、不良であれば製造装置へ速やかにフィードバックをすることで大量の不良をだすことが無くなる。

#### 【0080】

以上説明したように、266nmや248nmあるいは192nmなどの波長の紫外光を用いることによって、70nmルール程度以下のデバイスに対する欠陥検査を実現することができる。また、試料に対して必要最低限の光を照射することで、被検査対象物としてレジストや、Cuダマシンなどにおけるの試料に対してダメージが懸念される材料の検査に適用することが可能となる。また、被検査対象物として、パターンがないところでも、スペックが生じないので、検出画像と参照画像とを比較しても、虚報が生じることなく、検査をすることが可能となる。

#### 【0081】

なお、照明光として用いている365nm程度以下の紫外光は、光エネルギーが高く、光学素子に照射されると、有機物などの汚染物質が紫外光のエネルギーによって分解あるいは反応して、表面に付着する。これに対しても、光学系に対して必要最低限の光を照射することで、光学系へのダメージも抑えることができる。さらに、図示しない方法で光学部品の表面に空気を強制排気する手段や、強



制的に空気を吹き付ける手段を設けることにより、光学部品の劣化を防止することが可能である。

#### 【0082】

また、実施例においては、明視野光学系を説明したが、検出光学系に共焦点顕微鏡の構成を用いても同様の効果が得られる。

#### 【0083】

以上説明した本発明の実施の形態によれば、レシピ設定画面 3300 等のレシピ設定手段を用いて設定される検査時およびレビュー時（観察時）において、365nm 程度以下の紫外光を試料に照射するエネルギーを最小限に低減すること可能なため、短波長用のレジストに対してパターンの収縮、膨張が生じることなく検査が可能となる。

#### 【0084】

さらに、本発明の実施の形態によれば、レシピ設定画面 3300 等のレシピ設定手段を用いて設定されるシステム LSI のような、線幅の狭いメモリの部分や、ラフな配線部などが混在しているようなチップでも、365nm 程度以下の紫外光を照射することによって、その一部分に熱がたまり、バイメタル効果によってストレスマイグレーションと呼ばれる、パターンのはがれが生じることなく、低誘電率（low- $\epsilon$ ）の材料のような柔らかく機械的強度が低い膜のはがれのほかに、熱により拡散、不純物の紫外光による化学変化などが影響してデバイスに悪影響をもたらすこともなく、さらに、サーマルバジェットと呼ばれる、デバイスにかけられる熱容量の限界にも影響の小さくでき、高解像化に必須な短波長照明で、しかもその実用化に有利なレーザ光源により通常の放電管照明と同等以上の品質の像を、より高感度・高速に得ることができ、微細な欠陥を高感度に検出することができる。

#### 【0085】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、試料および光学系にダメージを与えることの少ない、微細な回路パターンを高い分解能で検出し、欠陥を検出することができる効果が得られる。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明に係る被検査パターンの欠陥検査装置の一実施例を示す構成図である。

**【図 2】**

本発明に係る被検査パターンの欠陥検査装置の画像処理部を含む本体制御回路の一実施例を示す構成図である。

**【図 3】**

本発明に係る画像処理部の画像フィルタの処理についての説明図である。

**【図 4】**

本発明に係る画像処理部の画像フィルタの説明図である。

**【図 5】**

放電管照明による、検出対物レンズの瞳上と視野上の照明状況を示す図である。

**【図 6】**

レーザ照明による検出対物レンズの瞳上と視野上の照明状況、視野上のパターン及びそれからの検出信号を示す図である。

**【図 7】**

瞳上で広げたレーザ照明による検出対物レンズの瞳上と視野上の照明状況を示す図である。

**【図 8】**

本発明に係る可干渉性低減光学系によるコヒーレンス低減の原理説明図である。

**【図 9】**

本発明に係る視野上でのイメージセンサの検出範囲と照明領域の関係を示す図である。

**【図 1 0】**

本発明に係る視野上でのイメージセンサの検出範囲と照明領域の関係を示す図である。

**【図 1 1】**

本発明に係る照明用ホモジナイザの説明図である。

【図 12】

本発明に係るNDフィルタ機構の一実施例の説明図である。

【図 13】

本発明に係る開口絞りの実施例の説明図である。

【図 14】

本発明に係る可干渉性低減光学系においてレーザ照明の空間的コヒーレンスを低減する第1の実施例の説明図である。

【図 15】

本発明に係る拡散板の形状を説明する図である。

【図 16】

本発明に係る拡散板の回転数とコヒーレンス（画像ノイズ）との関係を説明する図である。

【図 17】

本発明に係るランダム位相板の説明図である。

【図 18】

本発明に係る可干渉性低減光学系においてレーザ照明の空間的コヒーレンスを低減する第2の実施例の説明図である。

【図 19】

本発明に係る共振型ミラーの説明図である。

【図 20】

本発明に係る共振型ミラーの特性について説明する図である。

【図 21】

本発明に係る共振型ミラーの特性について説明する図である。

【図 22】

表面照射型TDIイメージセンサを説明する図である。

【図 23】

本発明に係る表面照射型TDIイメージセンサを説明する図である。

【図 24】

本発明に係る T D I イメージセンサの特性を説明する図である。

【図 2 5】

本発明に係る裏面照射型 T D I イメージセンサを説明する図である。

【図 2 6】

本発明に係る検出絞り（検出フィルタ）を説明する図である。

【図 2 7】

本発明に係る光軸を観察する分割センサを説明する図である。

【図 2 8】

本発明に係る瞳観察の観察例を説明する図である。

【図 2 9】

本発明に係る照明光量と試料の線幅の変化について説明する図である。

【図 3 0】

本発明に係る検査時におけるステージ移動とシャッタ開閉について説明する図である。

【図 3 1】

本発明に係る観察時（レビュー時）におけるステージ移動とシャッタ開閉について説明する図である。

【図 3 2】

本発明に係る Z ステージを移動させて観察する時におけるステージ移動とシャッタ開閉について説明する図である。

【図 3 3】

本発明に係る検査レシピを設定する検査レシピ設定画面を説明する図である。

【図 3 4】

本発明に係るレビューレシピを設定するレビューレシピ設定画面を説明する図である。

【図 3 5】

本発明に係る製造工程における効果を説明する図である。

【符号の説明】

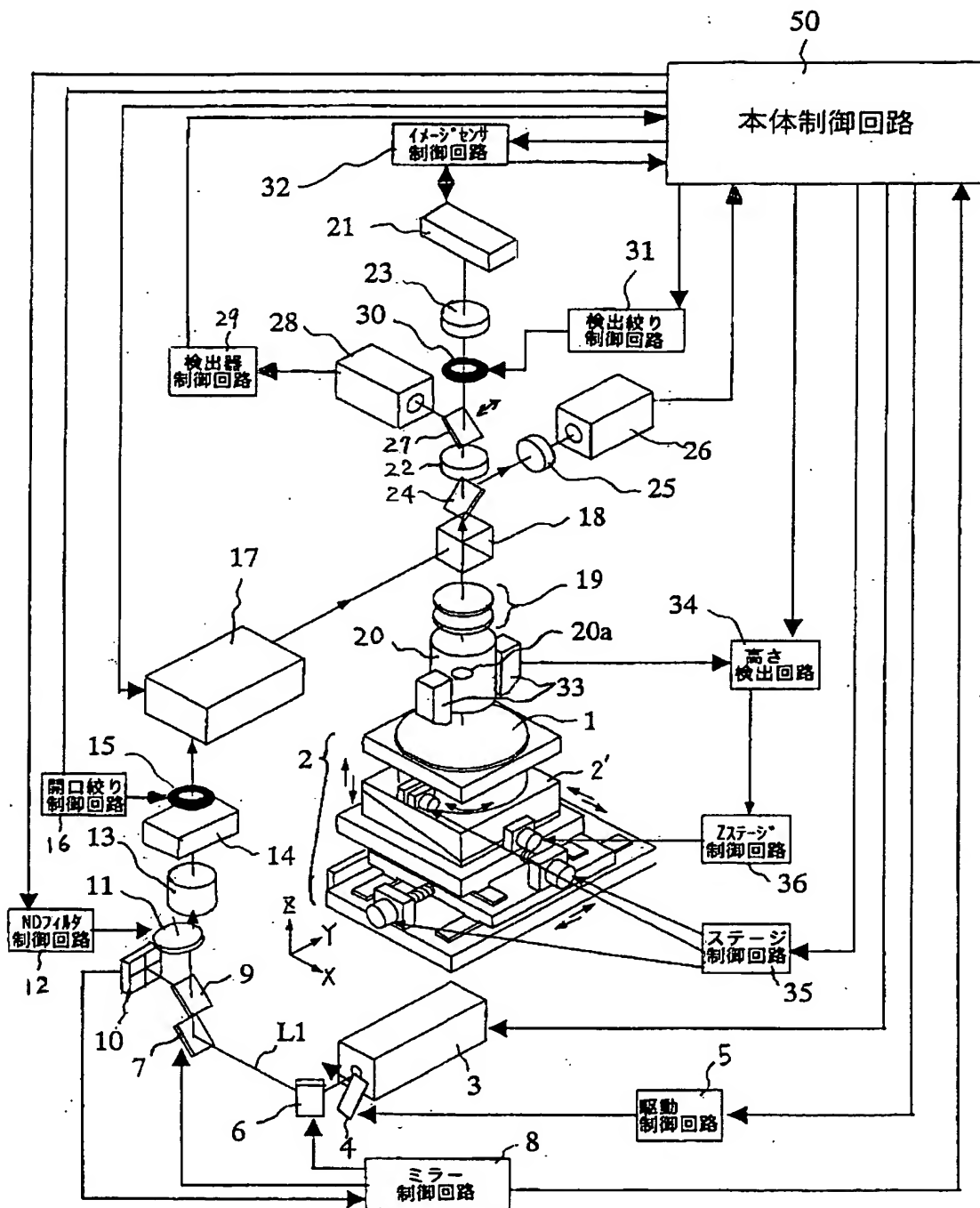
1…被検査試料、2…ステージ、3…光源、4…シャッタ、6, 7…光軸ずれ

調整用ミラー、11…NDフィルタ、13…ビームエキスパンダ、10…分割センサ、15…開口絞り、17…コヒーレンス低減光学系、19…偏光素子群、20…対物レンズ、21…イメージセンサ、22…結像レンズ、23…リレーレンズ、28…検出器、26…瞳観察用検出器、50…本体制御回路、200…A/D変換器、201…階調変換器、202…遅延メモリ、205…比較器、212…CPU、208…記憶装置、215…画像フィルタ、303…ホモジナイザ、606…共振型ミラー、702…拡散板、703…モータ、750…回転位相板、3003…レシピ設定画面。

【書類名】 図面

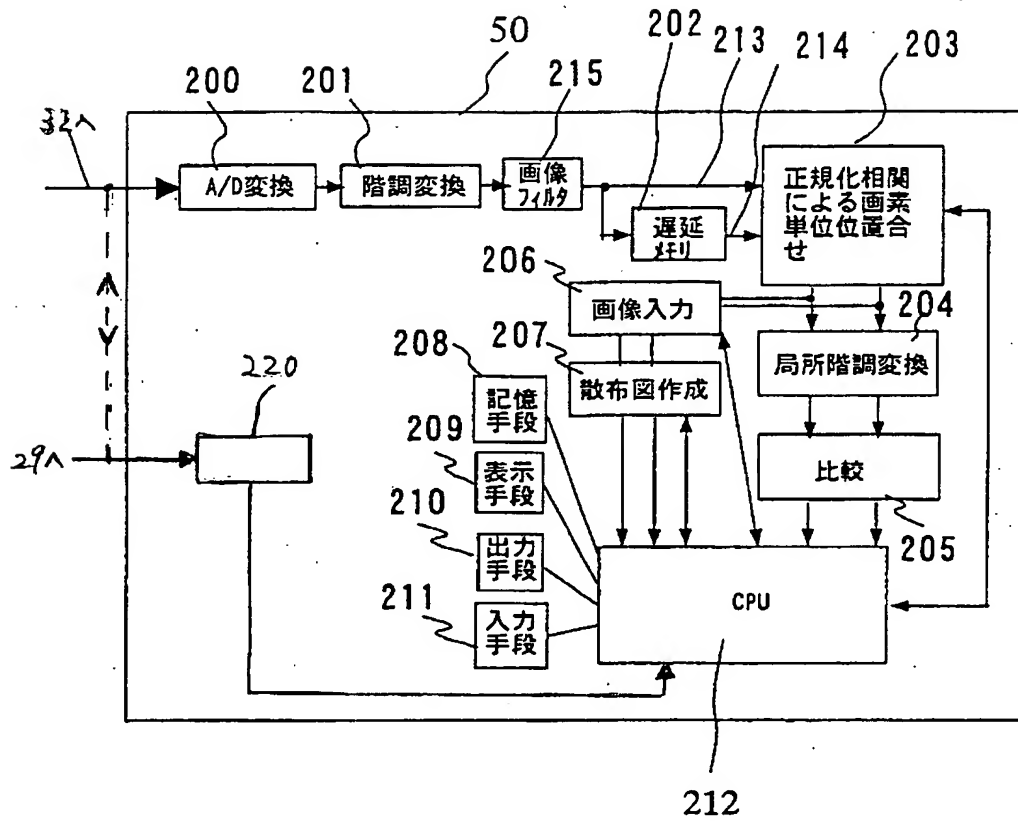
【図 1】

図1

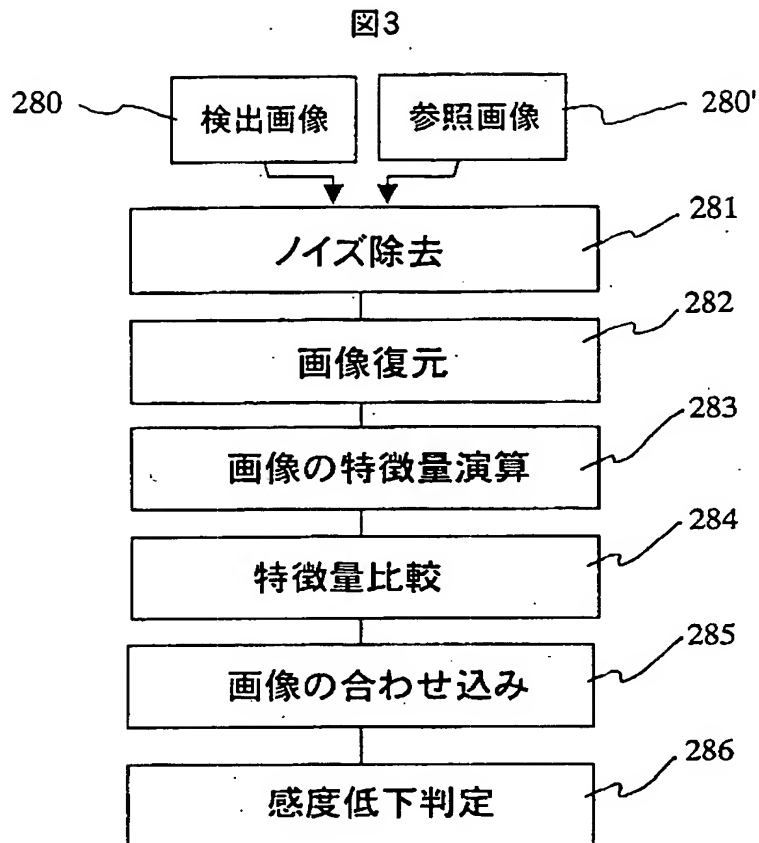


【図2】

図2



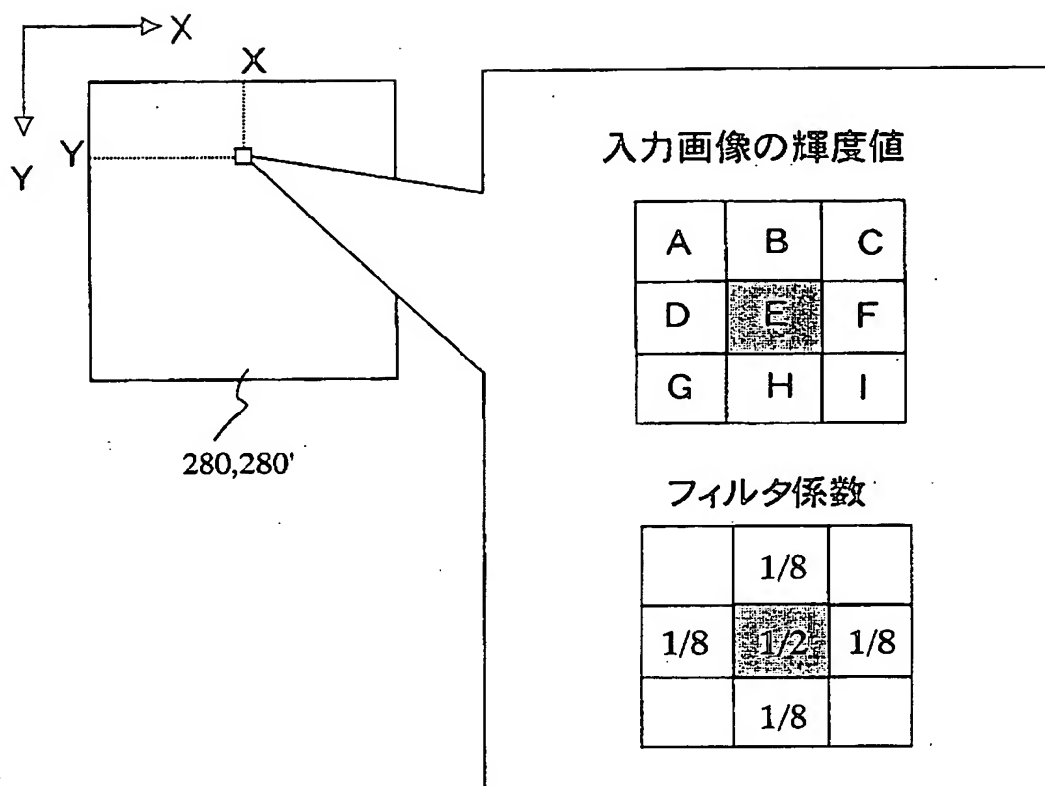
【図3】





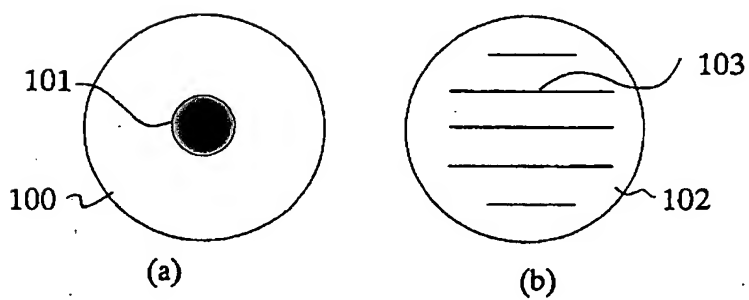
【図 4】

図4



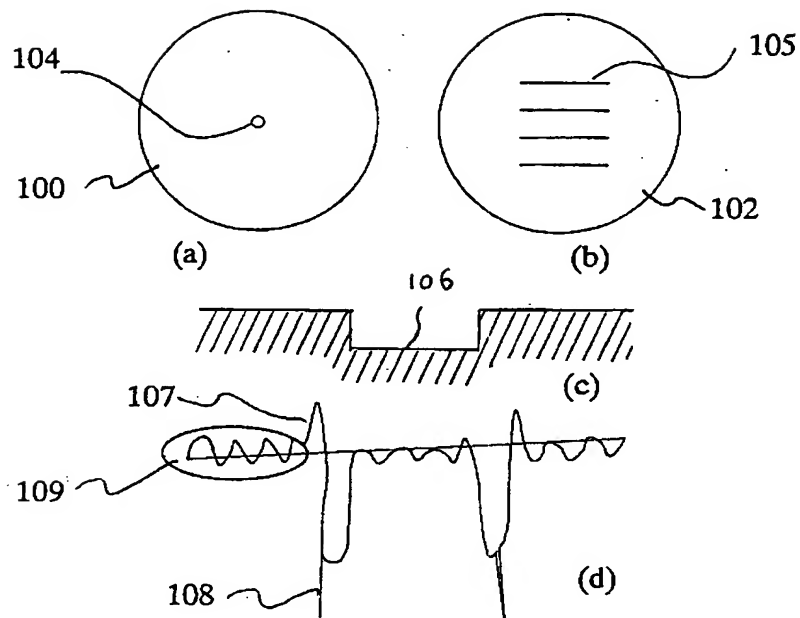
【図 5】

図5



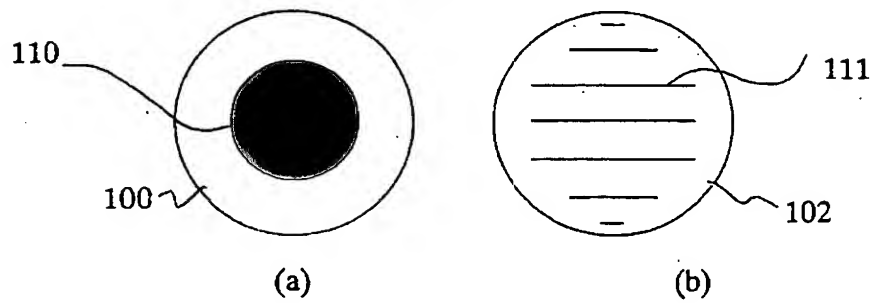
【図 6】

図6

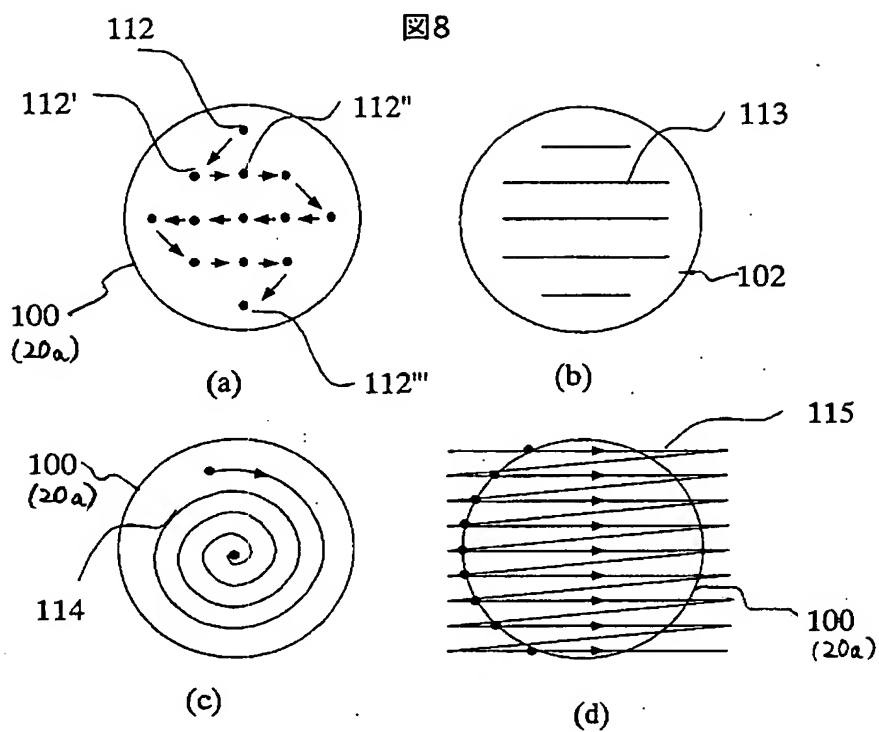


【図 7】

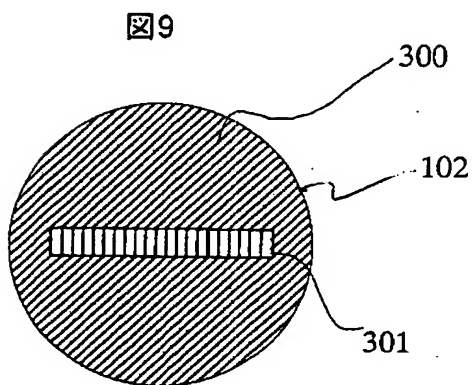
図7



【図 8】

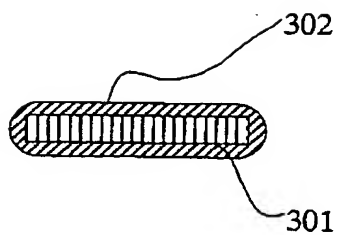


【図 9】



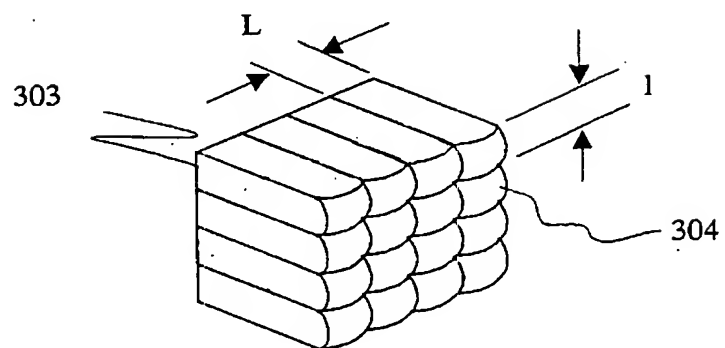
【図 10】

図 10



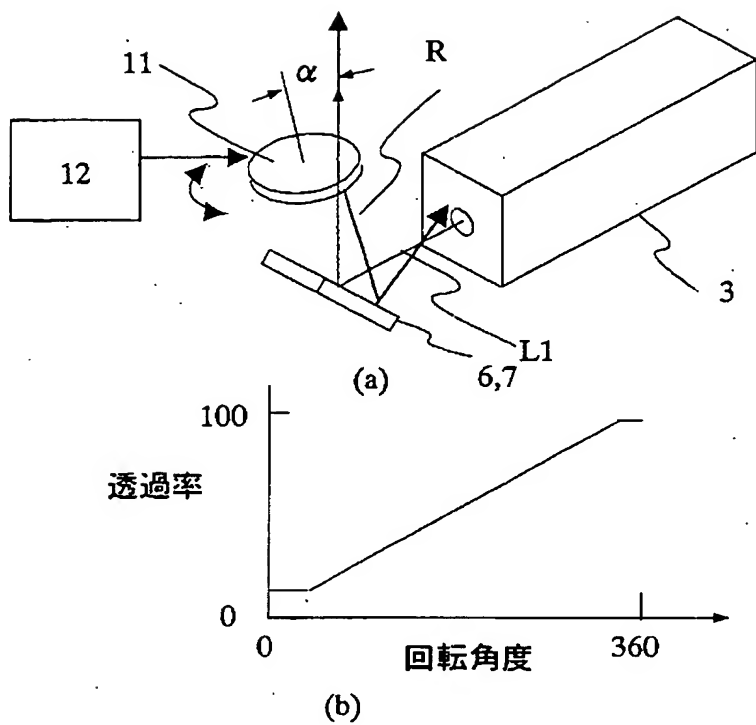
【図 11】

図 11



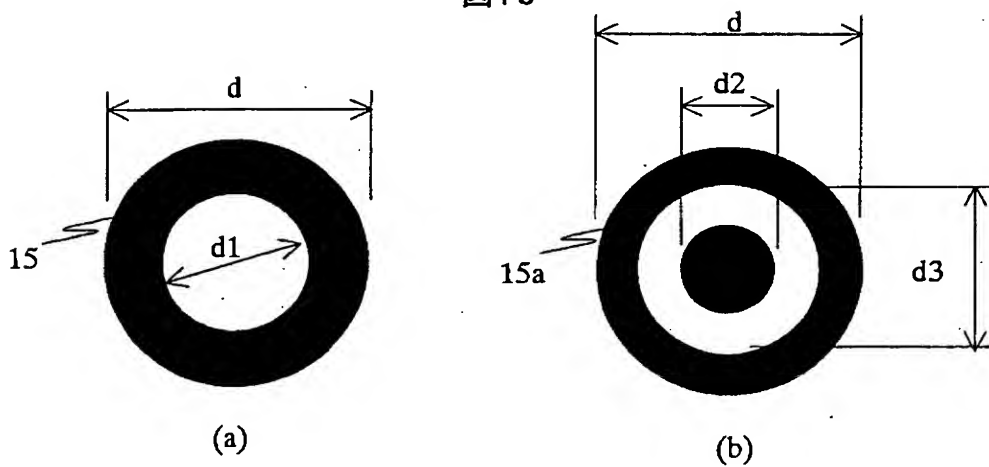
【図 12】

図12

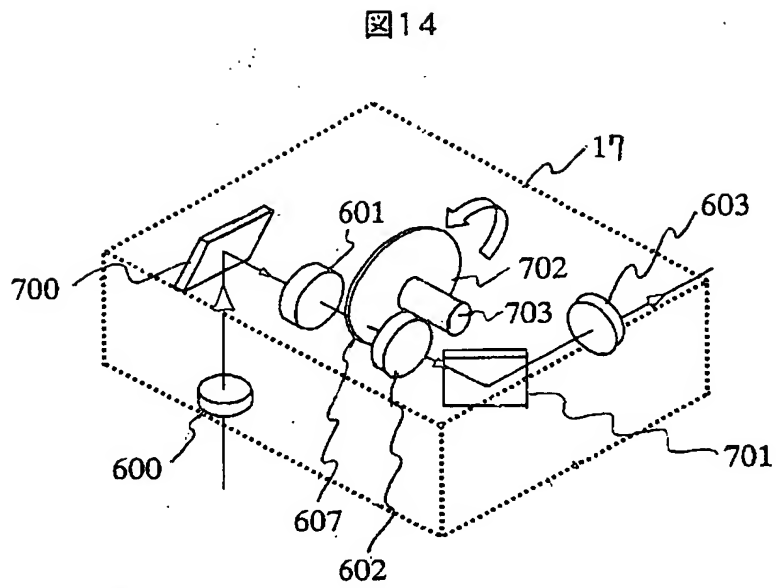


【図 13】

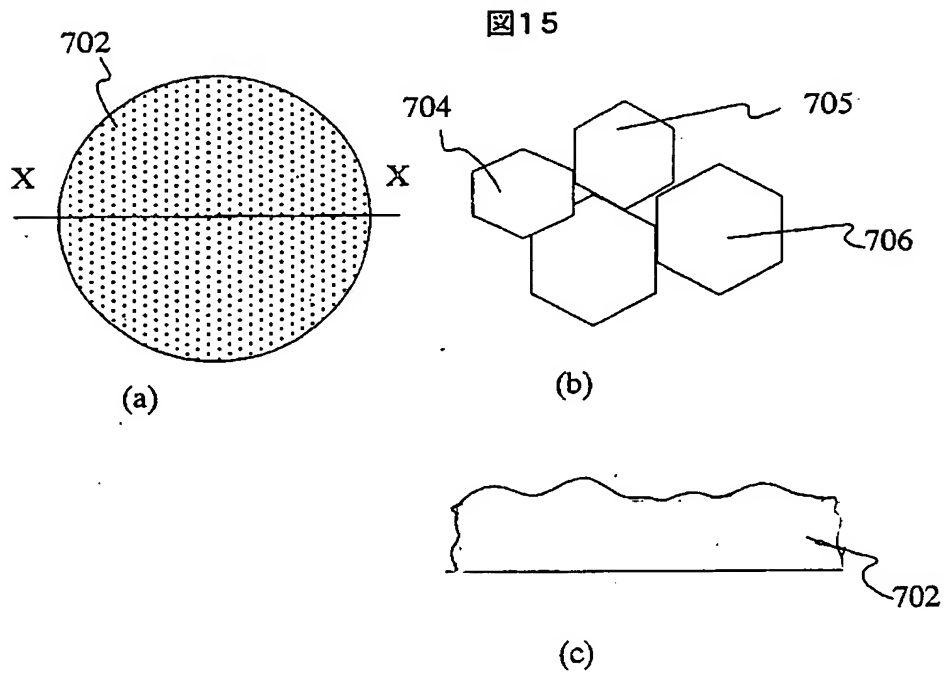
図13



【図 14】

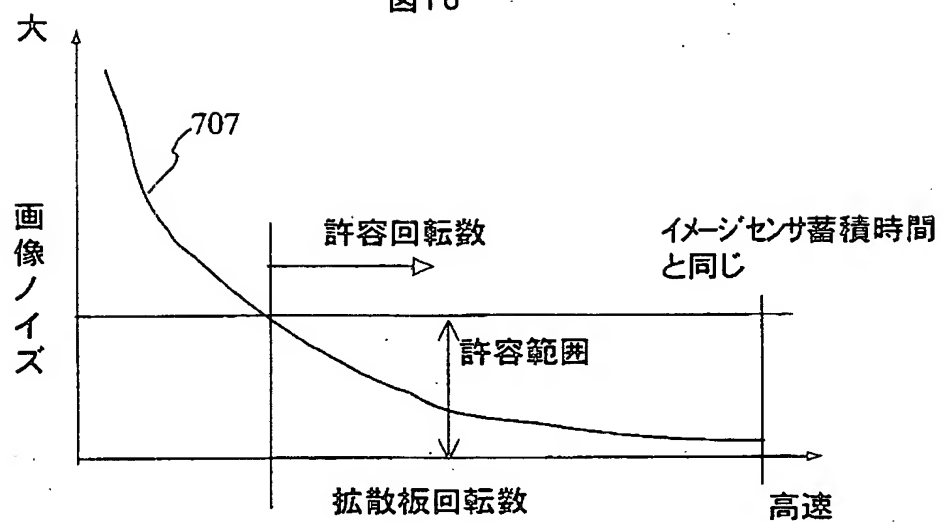


【図 15】



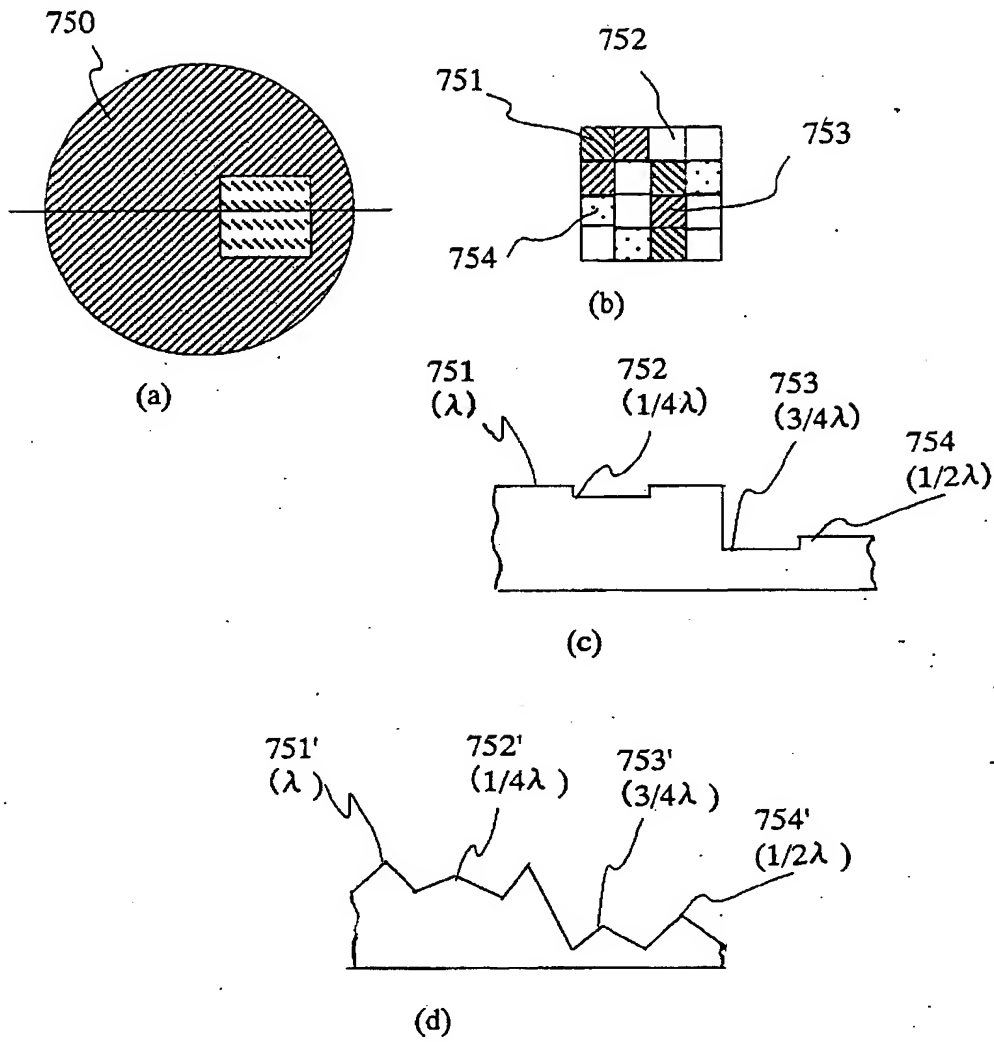
【図16】

図16



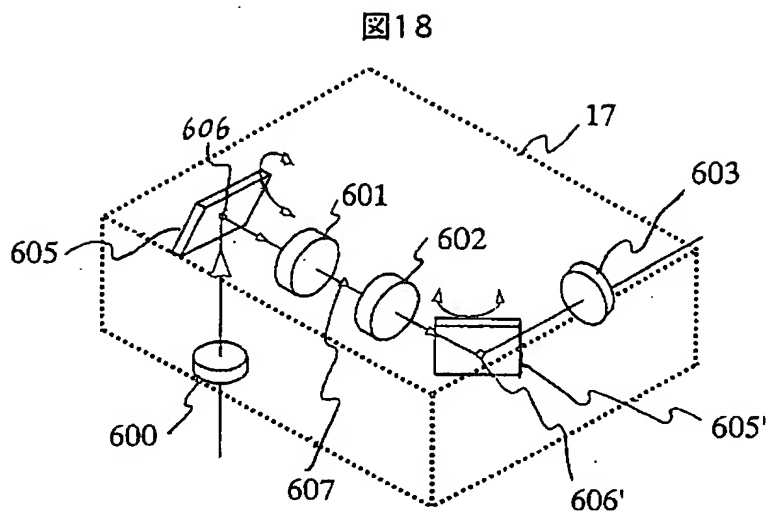
【図 17】

図 17

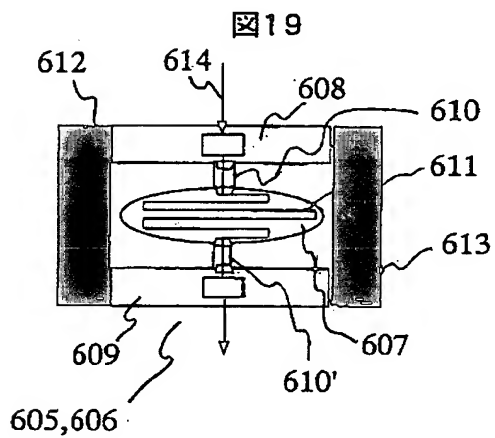




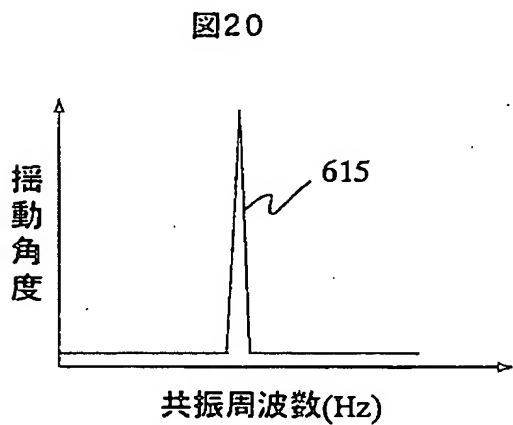
【図 18】



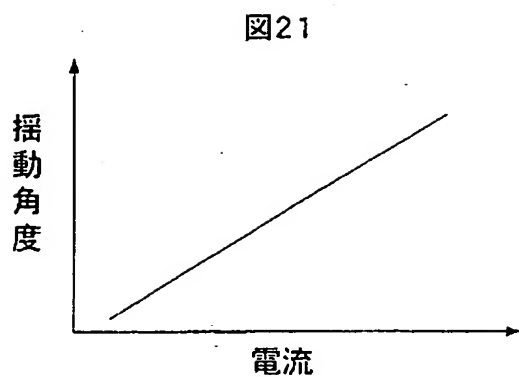
【図 19】



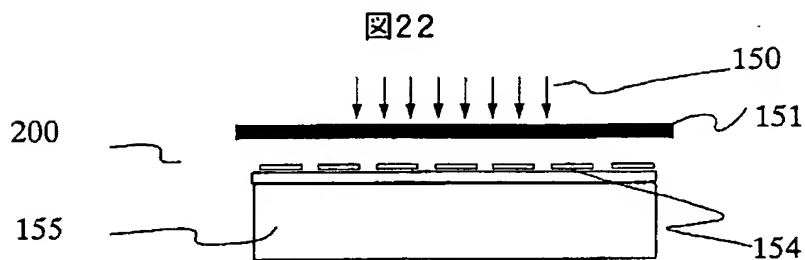
【図 20】



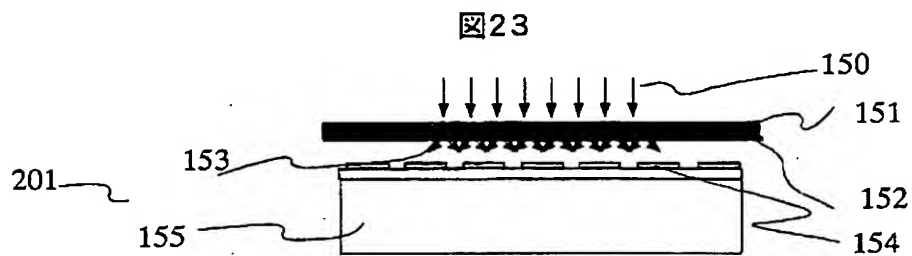
【図 2 1】



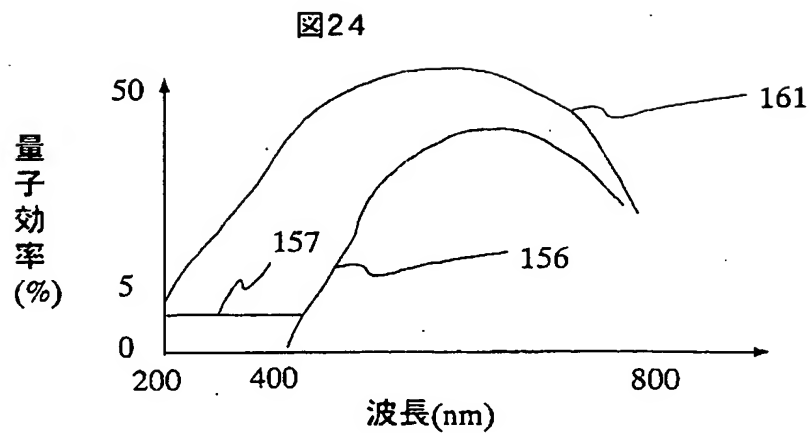
【図 2 2】



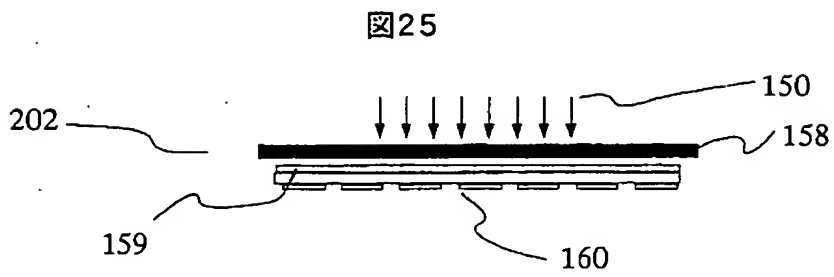
【図 2 3】



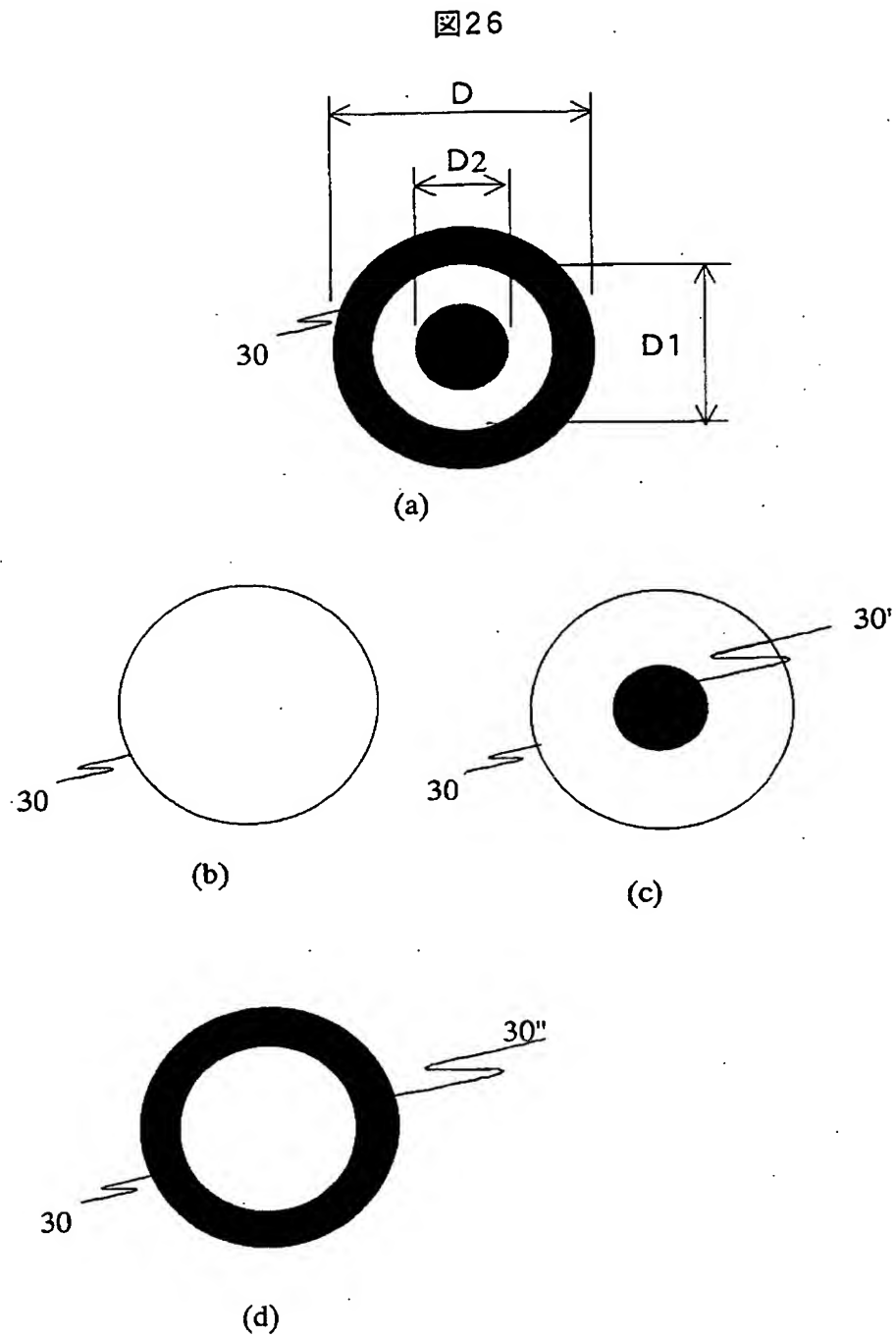
【図 2 4】



【図 25】

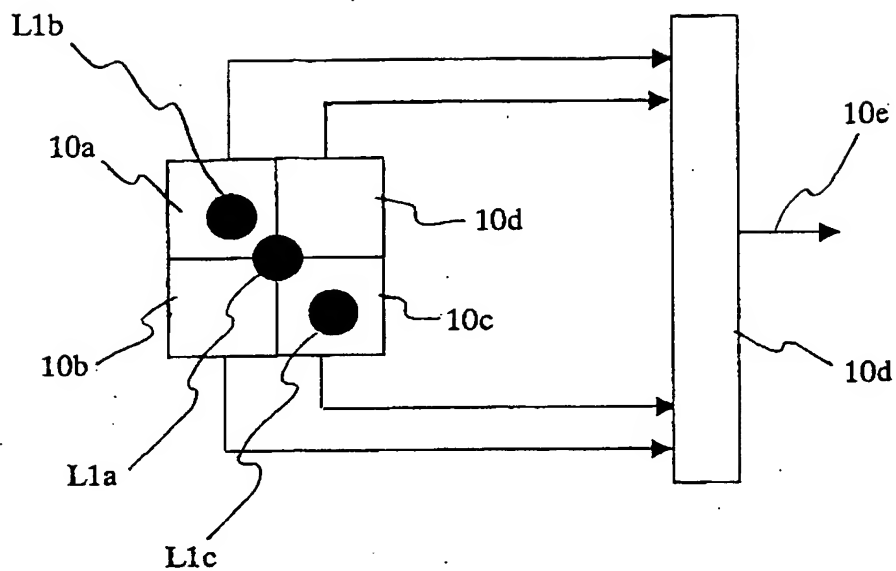


【図 26】



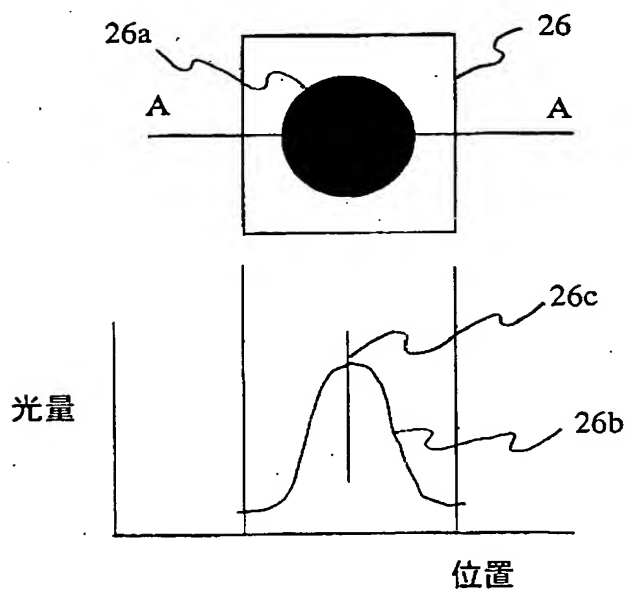
【図27】

図27

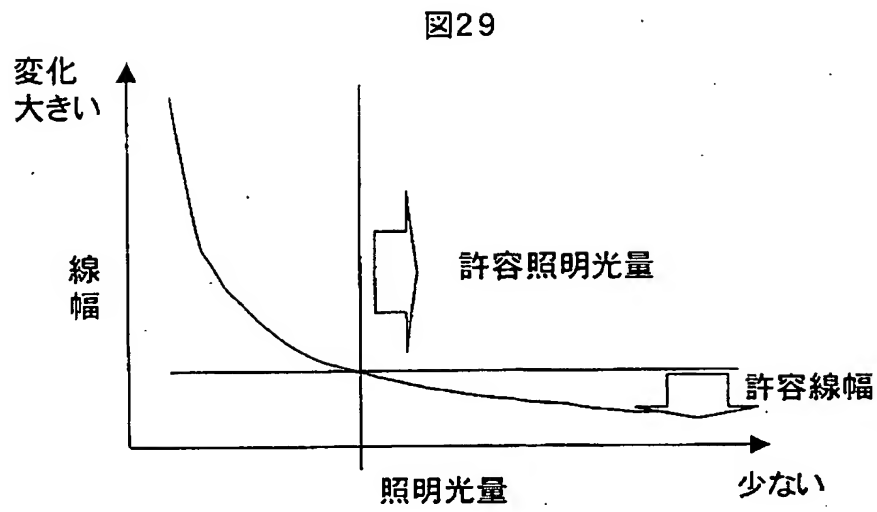


【図28】

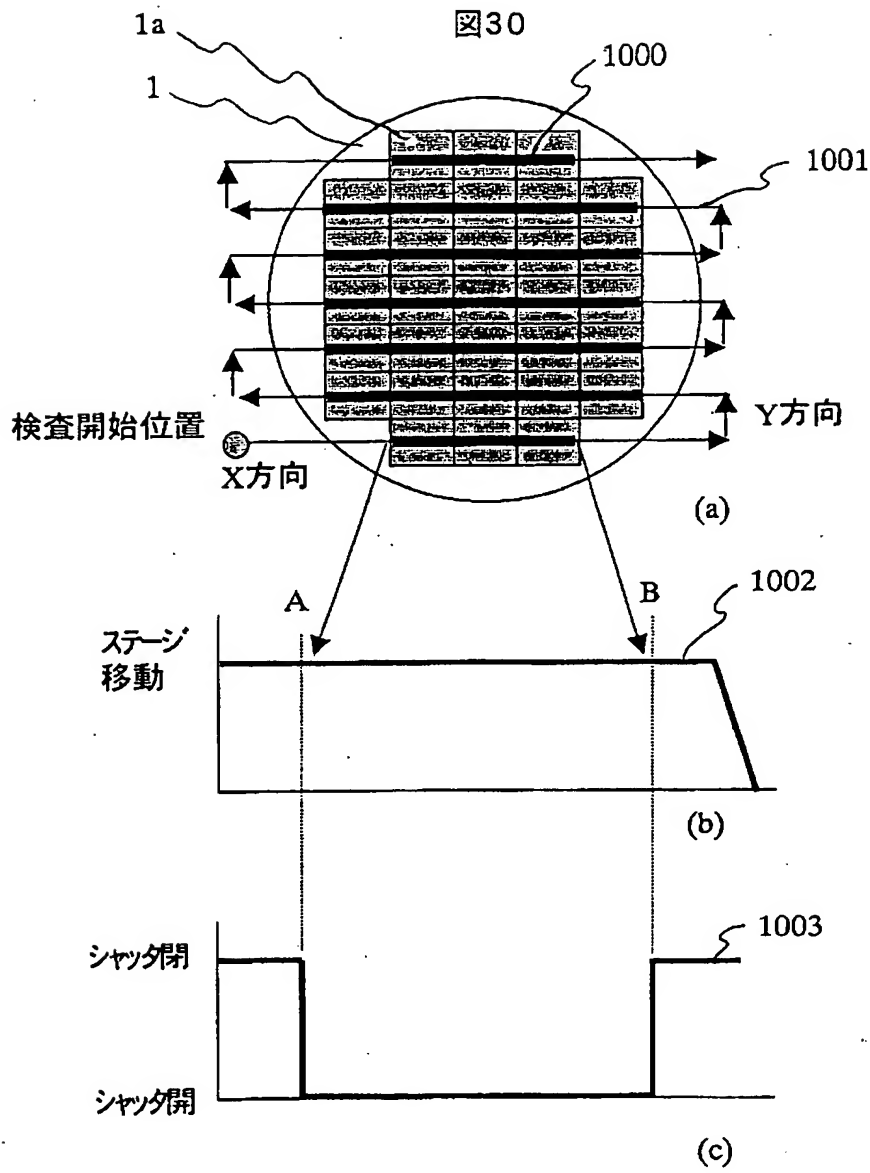
図28



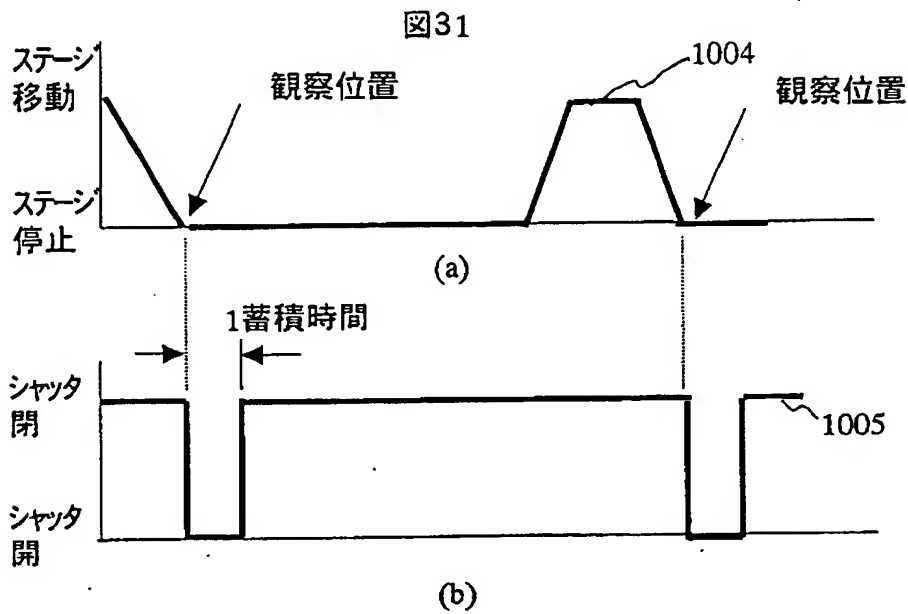
【図 29】



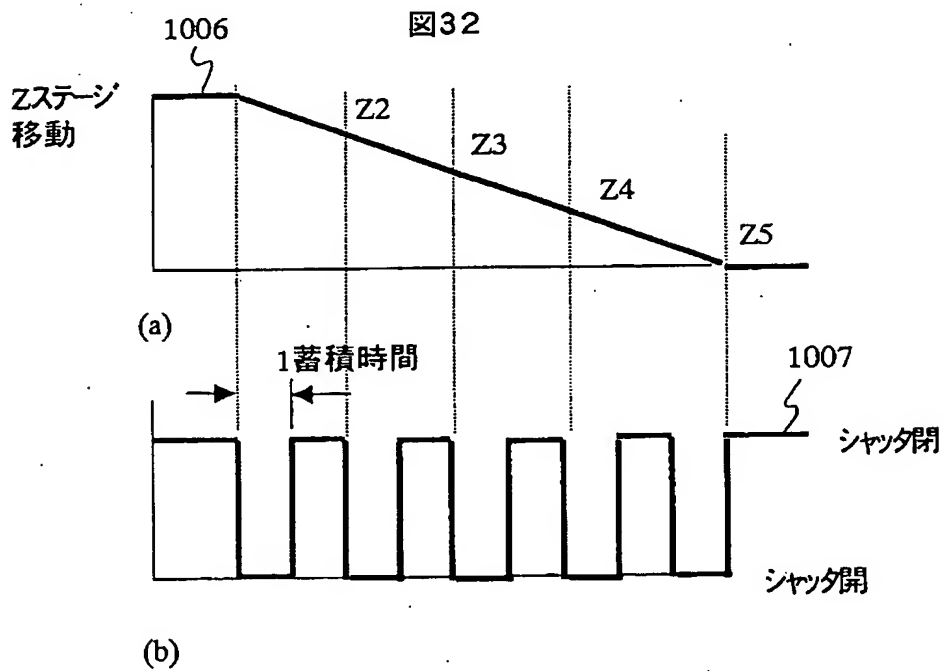
【図30】



【図 3 1】



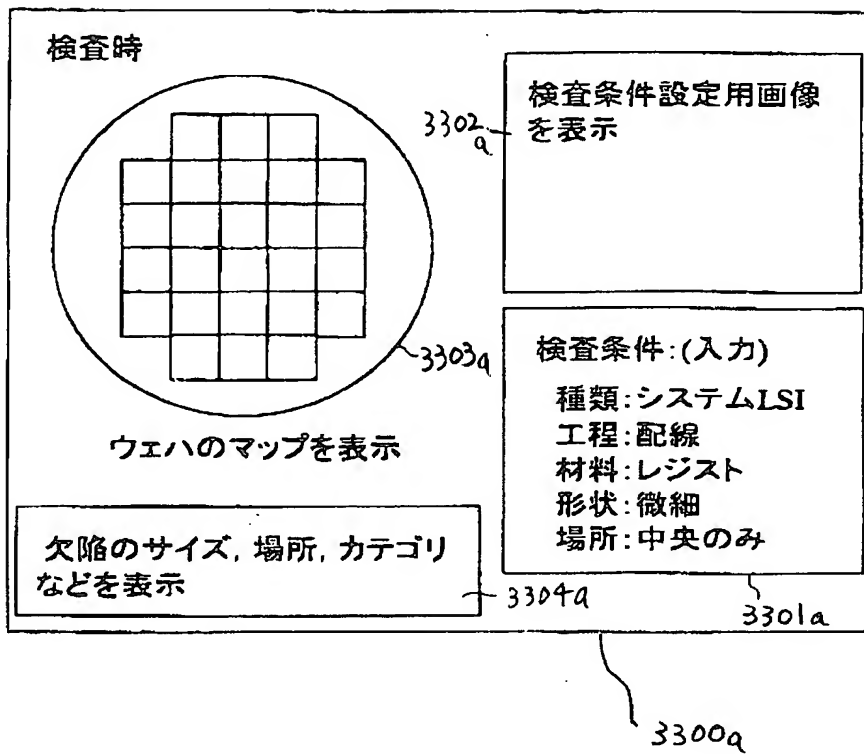
【図 3 2】





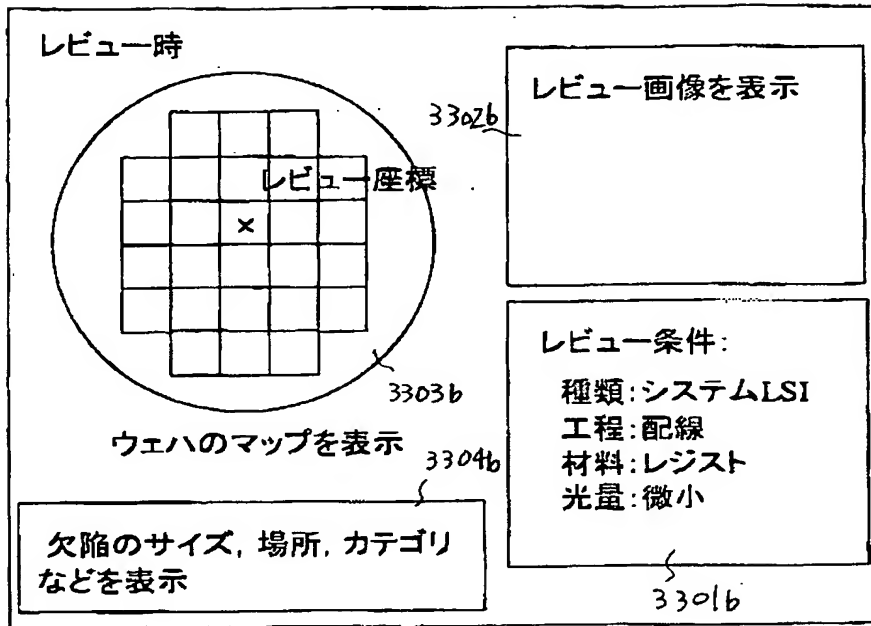
【図 33】

図 33



【図 34】

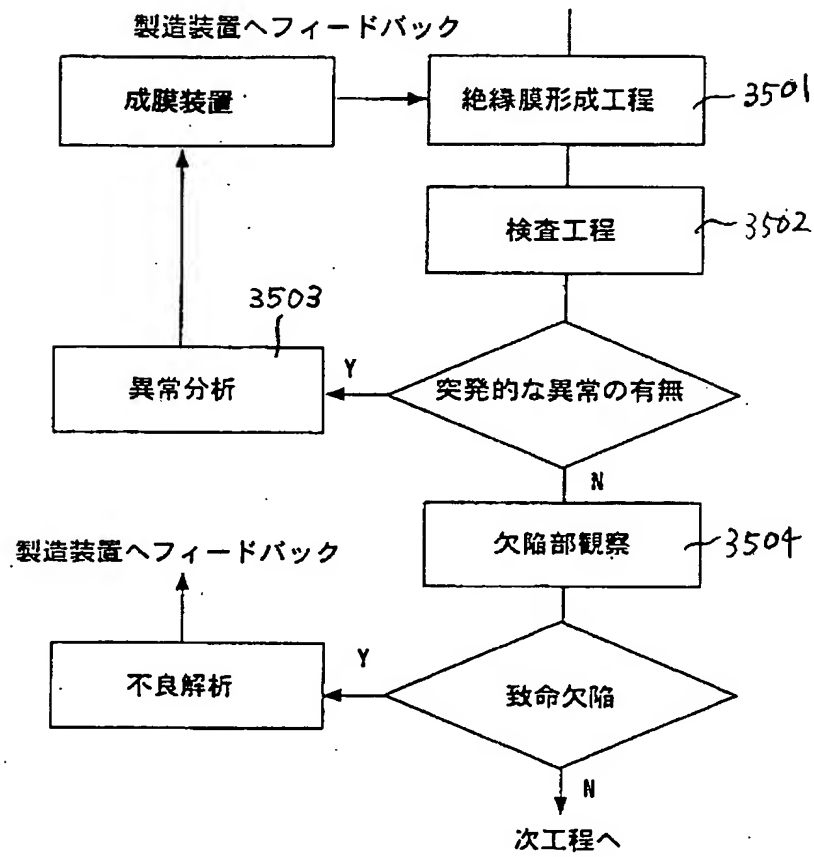
図 34



3300b

【図 35】

図 35



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

本発明は、試料および光学系にダメージを与えることの少ない、微細な回路パターンを高い分解能で検出し、欠陥を検出する方法及び装置を提供することにある。

【解決手段】

レシピを設定するレシピ設定手段 3300 と、紫外レーザ光を出射するレーザ光源 3 と該レーザ光源から出射した紫外レーザ光の光量を前記レシピ設定手段で設定されたレシピに応じて調整する光量調整手段 4、11 と該光量調整手段で光量が調整された紫外レーザ光の試料への照明範囲を形成する照明範囲形成手段 14 と可干渉性低減手段 17 と可干渉性が低減された紫外光束を試料上に照射する照射光学系 20 とを備えた照明光学系と、試料からの反射光を集光する集光光学系 20 と該集光光学系で集光された反射光の回折光を制御する回折光制御光学系 19 と該回折光制御光学系を通して得られる試料からの反射光像を撮像して画像信号 21、28 を検出する検出器とを備えた検出光学系とを備えたことを特徴とするパターン欠陥検査装置及びその方法である。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 2 0 8 9 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 0 1 3 8 7 8 3 9 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 1 0 月 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号

氏 名

株式会社日立ハイテクノロジーズ